

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Facultad de Ingeniería

Área Ciencias de la Tierra

“INTEGRACIÓN Y REPRESENTACIÓN DE CARTOGRAFÍA
GEOQUÍMICA UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA, CASO DE ESTUDIO: VALLES DE EDZNÁ Y
YOHALTÚN, CAMPECHE.”

TRABAJO RECEPCIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO

Edgardo Fernández de la Rosa

Febrero de 2013

El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto denominado

“CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE SUELOS EN LOS VALLES DE YOHALTÚN
Y EDZNÁ PARA SU ÓPTIMO MANEJO, APROVECHAMIENTO Y
CONSERVACIÓN”

Bajo la clave FOMIX: FMCAMP-2007-C01-72367 apoyado por el Fondo Mixto
CONACYT-Gobierno del Estado de Campeche.

Agradecimientos

A mis padres Alfredo Fernández Moreno y María del Carmen de la Rosa de Fernández por siempre haberme brindado todo su apoyo y confianza.

A mi hermano Manuel Alfredo Fernández de la Rosa por haber sido un modelo a seguir.

A mi novia y amigos por tener su apoyo incondicional durante todo el tiempo que llevo de haberlos conocido.

A mis sinodales por haberme tenido paciencia al corregirme todos los errores que tuve durante el tiempo que realice este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme brindado el apoyo económico como becario del proyecto y así realizar el presente trabajo en conjunto con el Fondo Mixto CONACYT -Gobierno del Estado de Campeche.

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	4
Marco físico.....	6
Objetivos.....	11
CAPÍTULO I	12
METODOLOGÍA.....	12
I.1 Generación tablas de datos	12
I.2 Análisis y selección de la información	16
I.3 Digitalización	18
I.4 Relación de información a elementos geográficos.....	30
CAPÍTULO II	31
RECOPIACIÓN, CLASIFICACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE DATOS.....	31
II.1 Digitalización y representación.....	31
II.2 Delimitación y acumulación de información.....	36
II.2.1 Delimitación de datos.....	36
II.2.2 Acumulación de información.....	37
II.3 Vinculación de datos a componentes geográficos	38
II.4 Generación de mapas y formatos para su manejo.....	39
II.4.1 Generación de mapas	39
II.4.2 Manejo de formatos de salida de información	40
CAPÍTULO III	42
INTEGRACIÓN Y REPRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN REFERENCIADA GEOGRÁFICAMENTE	42
CAPÍTULO IV.....	48
RESULTADOS	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
Conclusiones	49
Recomendaciones.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	51
ANEXOS.....	53

Tabla de figuras

Figura 1: Integración de archivos a ArcGIS desde <i>add data</i>	13
Figura 2: Add xy data	14
Figura 3: Seleccionar tipo de coordenadas	15
Figura 4: Transformar a <i>shape</i> mediante <i>export data</i>	16
Figura 5: Generar consultas desde la opción <i>Selection</i>	17
Figura 6: Abrir ArcCatalog	19
Figura 7: Generar un nuevo archivo shape	19
Figura 8: Opciones de la herramienta Arc ToolBox.....	21
Figura 9: Definir proyección desde la opción Define Projection	21
Figura 10: Activar la opción de Georeferencing.....	22
Figura 11: Activar las opciones de Snapping.....	24
Figura 12: Herramienta Feature to Polygon para generar polígonos a partir de poli-líneas	25
Figura 13: Opción Merge para unir archivos shape en uno solo.....	26
Figura 14: Abrir la tabla de atributos	27
Figura 15: Agregar un campo nuevo en las opciones de la tabla de atributos	28
Figura 16: Vista desde Layout View para poder ver la malla de coordenadas y otras opciones de impresión.	29
Figura 17: Puntos de control.....	32
Figura 18: <i>Snapping</i> y digitalización	33
Figura 19: Conversión de poli-líneas a polígonos.....	33
Figura 20: Agregar simbología	34
Figura 21: Otras opciones de simbología utilizada	35
Figura 22: Recorte de información	36
Figura 23: Unión de archivos de INEGI.....	37
Figura 24: Ligado de fotografías.....	38
Figura 25: Opciones de la herramienta <i>Insert</i>	40
Figura 26: Exportar imágenes con la opción de <i>Export Map</i>	41
Figura 27: Malla de coordenadas.....	42
Figura 28: Leyenda	43
Figura 29: Imágenes en puntos de muestreo	44
Figura 30: Concentración de elementos según escala de concentraciones.....	45
Figura 31: Información de tipo linear.	45
Figura 32: Geología y su simbología.....	46
Figura 33: Edafología y su clasificación de suelos.	47

INTRODUCCIÓN

El manejo de grandes cantidades de información, de diferentes orígenes y formatos, la integración del componente espacial y la visualización de todo esto en un solo sistema es posible gracias a los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

En el desarrollo de un proyecto, existen datos que se generan de los trabajos en campo, los resultados de análisis de laboratorio y los proyectos o trabajos anteriormente desarrollados en la zona de estudio, esto entre otras fuentes de información que se llegan a utilizar.

La gran cantidad de fuentes de información crea la necesidad de ordenar y obtener los datos que son de alguna utilidad para el desarrollo del proyecto, así como encontrar la forma ideal de mostrar el resultado de la integración.

El control de los datos implica un trabajo constante de acomodo, orden y actualización, ya que esto permite el análisis, la síntesis y la representación de la información de una forma sencilla para el usuario final.

La cantidad creciente de estudios que se deben de considerar cuando se genera un trabajo, requiere de herramientas que permitan acumular y procesar grandes volúmenes de información digital, esto trae consigo grandes ventajas al concentrar los datos, así como la síntesis en esquemas, gráficas, mapas, diagramas, animaciones, modelos, simulaciones o alguna forma de representación de la información.

Para poder representar la información se debe de pasar por un proceso de análisis para encontrar sus similitudes y relaciones, así como sus contrastes y diferencias que permitan comprender el fenómeno que se estudia, y encontrar las mejores formas de mostrarlo.

En el presente trabajo se exhibe una metodología que permite la identificación de los tipos de información susceptible a ser integrados en un SIG, así como las transformaciones necesarias para un manejo óptimo de los datos y algunas representaciones que se pueden utilizar para su visualización.

Para ejemplificar este proceso, se procedió a usar la información generada en el marco del proyecto “Caracterización Integral de suelos en los valles de Yohaltún y Edzná para su óptimo manejo, aprovechamiento y conservación”, el cual fue apoyado para su desarrollo por el Fondo Mixto CONACYT del Gobierno del Estado de Campeche.

Primeramente fue necesario generar un mapa topográfico, ya que este sirvió de base para cada uno de los mapas temáticos, logrando la estandarización de los mapas finales, de manera que cada uno de los mapas tuviera la misma estructura, escala, zona de despliegue de información, tipos de línea y tipografía. Una vez realizado este mapa, se procedió a tomar la información vectorial digital en las cartas temáticas con escala 1:50,000 y 1:250,000 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para generar diferentes mapas.

Haciendo conjunta toda la información digital vectorial disponible en INEGI, se extendió la búsqueda a formatos de mallas mejores conocidos como *raster*, que permitió integrar una mayor cantidad de datos, tales como el modelo digital de elevación, imágenes de satélite, los cuales permitieron enriquecer el contenido cartográfico digital del proyecto.

Otra fuente de información que se utilizó fue la cartografía generada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM), la cual fue necesaria pasar por una serie de procesos que se describen en la metodología y que permitieron integrarse al sistema.

Dentro del desarrollo del SIG también se consideró la información que se fue generando como resultado de los trabajos de campo, esto implicó la generación de tablas de datos, estructuradas que pudieran ser leídas desde el sistema.

Con la clasificación, acomodo y referenciación geográfica de los datos, fue posible generar mapas de interpolación, permitiendo observar la distribución de los parámetros medidos.

Las memorias fotográficas del proyecto se clasificaron y se les busco la correspondencia con la ubicación espacial donde fueron tomadas, lo que permitió la asignación de una representación puntual dentro de la zona de estudio para su consulta.

Con la integración de todos estos elementos dentro del sistema, se facilita la comprensión del fenómeno estudiado, con base en toda la información que fue manejada, analizada y representada, logrando de esta forma un gran avance dentro del proyecto que se está desarrollando y un sistema capaz de concentrar y mostrar el resultado de los trabajos realizados.

Este trabajo describe las técnicas necesarias para el manejo de la información, las transformaciones y consideraciones que se deben de tener para integrar los datos en un SIG y el resultado obtenido de la aplicación de esta metodología en un proyecto.

Antecedentes

A comienzos del siglo XX se inicio la fotolitografía la cual se basa en separar los mapas en capas.

A principios del los 60's se desarrollaron las aplicaciones cartográficas para computadoras con un propósito general y fue el inicio para utilizar menos la información impresa.

En el año de 1962 se utilizó por primera vez un SIG en Canadá, cuyo propósito fue almacenar, analizar, y manipular datos obtenidos para el inventario de tierras de Canadá.

En 1982 *Autodesk* creó el formato de archivos llamado *Drawing Exchange Format* (DXF) el cual fue utilizado para generar toda información para dibujos de diseño asistido por computadora el cual facilitó el manejo de información.

Posteriormente se remplazo el formato DXF por el formato *shape* creado por ESRI lo cual facilito el manejo de información.

Posteriormente se fueron creando más herramientas para poder representar información, INEGI por ejemplo generó El Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) y que contiene datos de relieve continental, insular y submarino. La primeva versión del CEM fue creada y puesta al público, mediante la página de internet del INEGI en el año 2003. La elaboración de esta versión se sustento en los modelos digitales de elevación los cuales se basaron en la cartografía topográfica escala 1:50,000 generada por el INEGI mediante curvas de nivel (INEGI), para el año 2007 se generaron los continuos de la red hidrográfica y curvas de nivel, ambos en escala 1:50,000, estas situaciones dieron paso a crear la nueva versión del CEM (2.0) donde se integraron dentro de un modelo robusto y más actualizado que fue concluido en el año 2010.

Conforme fue mejorando el sistema de almacenamiento y con la aparición del internet se fueron colocando archivos en línea para la distribución de la

información. El SGM desde 1996 tiene archivos digitales en línea, en ese entonces únicamente tenían archivos técnicos, como informes con formato Mr.SID, pero a partir de 2008 empezó a publicar planos en formato PDF, lo cual se volvió muy útil para generar cartografía de todo tipo, por ejemplo cartografía geoquímica.

Desde la década de los 20's se empiezan a generar los primeros mapas geoquímicos, los científicos rusos fueron los pioneros al elaborarlos para las exploraciones mineras, utilizando la herramienta para encontrar zonas anómalas, las cuales pudieran relacionarse con zonas mineralizadas (Darnley *et al.*, 1995). Posteriormente y debido a la relación cada vez mayor suelo/hombre, principalmente debido al crecimiento poblacional, la cartografía geoquímica en materia ambiental se ha convertido en una herramienta para conocer el estado geoquímico de la superficie terrestre, y poder cuantificar la contaminación antrópica (Darnley *et al.*, 1995, 1997).

Al final de la década de los 70's y 80's comenzaron a realizarse los primeros estudios de cartografía geoquímica con aplicación en la evaluación ambiental, aunque fueron pocos los estudios, estos eran principalmente a escalas nacionales o regionales en Norteamérica y Europa (Shackletten *et al.*, 1971; Shackletten y Boerngen, 1984; Vrana *et al.*, 1997). En la década de los 90's y sobre todo a partir del año 2000, en Norteamérica (Smith *et al.*, 2005) y Europa (Reimann *et al.*, 2000; Plant *et al.*, 2003; Salminen *et al.*, 2005) siguieron desarrollando proyectos, en Asia empiezan a generar su cartografía geoquímica principalmente en China, en donde el desarrollo fue muy importante desde 1979 (Darnley, 1995).

Así al igual que China muchos otros países sobre todo en Europa y Norteamérica han empezado a realizar importantes estudios para poder tener la cartografía geoquímica, para esto existen dos proyectos de gran relevancia que se encuentran desarrollándose actualmente, uno a nivel mundial, el proyecto de cartografía Geoquímica mundial (Global Reference Network GRN) el cual tiene la finalidad de crear una base de datos global la cual debería contener toda

información geoquímica que pudiera utilizarse en aspectos ambientales (Darnley, 1995), y el otro a nivel continental que involucra a México en el proyecto paisajes geoquímicos (GLP por sus siglas en inglés) cuyo objetivo es llevar a cabo la cartografía geoquímica de suelos para el territorio completo de Norteamérica.

Algunas de las citas bibliográficas no fueron obtenidas de la fuente de bibliográfica original, ya que fueron adquiridas de la consulta de otra fuente que las menciona.

Marco físico

Clima:

En general, el clima del estado de Campeche es cálido-subhúmedo con lluvias en verano y con una precipitación pluvial acumulada de 1,300 a 1,500 mm. El período de lluvias es de junio a octubre. La temperatura media anual es de 27°C, no se presentan heladas. En cuanto a los huracanes, su litoral es el de menor incidencia.

El clima dentro de la zona de estudio, según INEGI es cálido-subhúmedo con lluvias en verano en los valles de Edzná y Yohaltún. Se encuentran depresiones de áreas llanas a suavemente onduladas, donde el clima suele ser tropical, semiárido a subhúmedo o mediterráneo con estaciones contrastadas en cuanto a humedad.

Provincias fisiográficas

La zona de estudio está localizada dentro de la provincia fisiográfica de la península de Yucatán, dicha provincia limita al norte y oeste con el golfo de México, al este con el mar Caribe y Belice, al sur con Guatemala y en el Sur Oeste con la Llanura Costera del Golfo Sur (Raisz, 1959).

Geología

En este apartado se utilizó como referencia otra fuente bibliográfica en las que se mencionan las fuentes nombradas en los párrafos siguientes, debido a que no se hizo trabajo de campo.

Geología regional

En la porción central de la cuenca del golfo de México la columna geológica consiste en rocas sedimentarias cuya edad oscila entre el Triásico tardío y el Holoceno, la cual cubre de manera discordante aun complejo basal poco conocido de rocas pre-triasicas. Este basamento, en la porción central de la cuenca, queda localizado a una profundidad estimada de 12 a 16 km debajo del nivel del mar.

Cubriendo a las rocas de basamento se halla una secuencia de lechos rojos, correlacionable con la Formación Todos Santos, a la que se ha asignado una edad del Jurásico-Cretácico (Viniegra, 1971)

Las rocas pertenecientes a la era Cenozoica representan la totalidad de los afloramientos rocosos de la península de Yucatán. Estas rocas consisten en una secuencia marina de carbonatos y evaporitas, con material terrígeno escaso, cuyo espesor alcanza los 1,000 m (López-Ramos, 1973).

Las rocas paleocénicas constituyen la base de la secuencia terciaria que aflora dentro del territorio campechano. Estas rocas se encuentran expuestas principalmente en una franja que se extiende sensiblemente en dirección Norte Sur. En la base de esta secuencia, aflora una secuencia de yesos de espesor potente que han sido reconocidos y denominados, de manera informal como Formación Xpujil, aunque también han sido considerados como parte de las evaporitas Yucatán (Salvador y Quezada-Munetón, 1989), cubriendo al yeso, se presenta una secuencia compuesta fundamentalmente por caliza y dolomía que llegan a presentar ocasionalmente fragmentos de pedernal. Dicha secuencia se conoce con el nombre de Formación Icaiché, definida por Sapper (1896) como una alternancia de caliza blanca, marga y yeso (Consejo de Recursos Minerales, 2002).

Cubriendo de manera concordante a la secuencia litológica de la Formación Icaiché (TpCa-Yz), se encuentran las rocas más abundantes de toda la península, las cuales están representadas por el depósito de una columna de caliza

microcristalina de textura tipo mudstone de color pardo claro y estructura estratificada, cuyos estratos presentan espesores variables. Dicha unidad ocasionalmente se observa en forma masiva; aflora en la porción central del estado, llegando a presentar fragmentos de sílice coloidal dentro de la matriz calcárea. Esta secuencia calcárea comprende la parte superior de la Formación Icaiché, Pisté y chichen-Itzá (López-Ramos, 1973).

Geología local

La geología de los valles centrales (Edzná y Yohaltún) de Campeche data de la era Cenozoica del periodo Terciario (Neógeno y Paleógeno). El tipo de roca presente son rocas sedimentarias de tipo caliza y caliza marga, este tipo de roca está formado mediante material calcáreo, formadas por procesos biológicos y bioquímicos a la que se le agrega precipitación inorgánica de CaCO_3 la mayoría de los sedimentos carbonatados ocurren en zonas tropicales hasta subtropicales, por lo cual son excelentes indicadores paleogeográficos, generalmente se localizan en zonas someras libres de materiales terrígenos, pero también se pueden llegar a encontrar zonas profundas, producidas por lodos calcáreos, depositados mayormente por la descomposición grandes cantidades de esqueletos de organismos pelágicos (Lopez-Doncel, 2004).

En este tipo de rocas encontramos una gran cantidad de minerales entre los que destacan el cuarzo, el feldespatos, la calcita y las arcillas.

En el caso de la roca caliza marga esta se compone de caliza y arcilla, con predominio, por lo general, de la caliza, lo que le confiere un color blanquecino con tonos que pueden variar bastante de acuerdo con las distintas proporciones y composiciones de los minerales principales.

La unidad más antigua expuesta en el área de estudio corresponde a la Formación Icaiché del Paleoceno (TpCa-Yz), constituida por calizas, yeso, brecha calcárea con abundantes horizontes de sílice, cubriéndola de manera concordante, se

encuentra la Formación Chichen-Itzá (TeCz-Mg) de edad Eoceno conformada por calizas, margas y brecha calcárea con escasos horizontes arcillosos y de sílice que es cubierta discordantemente por la Formación Carillo Puerto (TmplCz-Cq) de edad Mioceno-Plioceno, constituida por caliza y conquina interestratificada con brecha calcárea. Le sobreyace concordantemente la Unidad Bioclastos Sybaplaya (QptCq-Cz) de edad Pleistoceno que consta de bioclastos y conglomerados polimíctico con clastos de caliza, coquina, brecha y sílice cementados en una matriz bioclástica constituida por fragmentos de conchas y calcitas, intercalada con calcarenitas y conquina.

Las unidades antes descritas son cubiertas de manera discordante por depósitos cuaternarios no consolidados de litoral (Qholi), palustre (Qhopa) y aluvión (Qhoal), de edad Holoceno (Consejo de Recursos Minerales, 2002).

Recursos minerales

Básicamente, los recursos minerales de la entidad se concretan a las sustancias no metálicas, principalmente en lo que respecta a depósitos compuestos por yeso, arcilla, caliza, caliza dolomítica y sal. Asimismo, se han reportado la presencia de arenas de playa con importantes contenidos de zircón en la zona limítrofe con el estado de Tabasco, así como arenas de tipo silíceo en la región de Palizada, al sur poniente de la entidad.

De lo anterior, los depósitos de caliza son las más abundantes en el territorio estatal. Algunas de las localidades que actualmente explotan bancos de caliza llegan a presentar purezas de CaCO_3 superiores al 99% (área cercana a Champotón), que actualmente se utilizan, principalmente, para la producción de agregados pétreos en la industria de la construcción y para la fabricación de cal (viva e hidratada), así como materia prima en la fabricación de cemento (Consejo de Recursos Minerales, 2002).

Edafología

Se tomaron como base las cartas Edafológicas del INEGI (E15-03 y E15-06), así la Base de Referencia Mundial de Recursos del Suelo. Los principales tipos de suelo que se localizan en la zona de estudio son Pheozem (PH): son suelos de pastizales relativamente húmedos, de regiones forestales en clima moderadamente continental; Vertisol (VR): son suelos muy arcillosos, que se mezclan con alta proporción de arcillas expandibles; Gleysol (GL): Son suelos de humedales que, a menos que sean drenados, están saturados con agua freática por periodos suficientemente largos para un característico patrón de color gleyico; Luvisol (LV): son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos; Leptosoles (LP): son suelos muy someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos y/o pedregosos; Nitisoles (NT): son suelos rojos tropicales profundos, bien drenados, con límites difusos entre horizontes y un horizonte sub-superficial.

Hidrología

El estado de Campeche, y en específico el área de estudio se encuentran ubicados dentro de la región hidrológica denominada “Península de Yucatán”, en la subregión Yucatán Oeste (Campeche) en las más extensas, ocupa el 43.37% de la superficie estatal y se localiza al centro de la entidad, aquí se ubican las Cuenca de Yucatán (RH31), Cuenca Champotón y otros (RH32) y Cuencas Cerradas, las cuales contienen las corrientes Champotón, Las Pozas y Desempeño, así como los cuerpos de agua E. Sabancuy, L. Noh (Silcitic) y L. Chama-ha (INEGI,2000).

Estas cuatro regiones hidrológicas controlan el patrón de escurrimiento y circulación de los ríos más importantes de la entidad.

En relación con las aguas o cuerpos de agua localizados bajo la superficie, la mayoría se encuentra en la porción norte del territorio de Campeche y dan lugar a

la formación de un patrón geomorfológico de tipo cárstico. La evolución del karst en la península de Yucatán es parte del sistema hidrológico de la misma, el que prácticamente por entero es de naturaleza subterránea, quedando localizado principalmente en el sector septentrional. La totalidad de estos cuerpos de agua es de naturaleza continental.

El manto freático oscila entre los 6 y 9 m de profundidad y el cual está destinado para el uso agrícola y para la satisfacción de algunas necesidades básicas en los sectores rurales y urbanos del municipio (Montes-Ávila, 2012).

Objetivos

Como objetivo general

Generar un sistema de información Geográfica que permita recopilar, representar y administrar la información generada en el proyecto “Mapeo Geoquímico-Ambiental de suelos en los valles centrales del estado de Campeche”.

Como objetivos particulares

- Recopilar la información derivada del proyecto “Mapeo Geoquímico-Ambiental de suelos en los valles centrales del estado de Campeche”.
- Generar diferentes representaciones de la información referida espacialmente.
- Generar un sistema de Información Geográfica que permita administrar toda la información generada en el proyecto.

CAPÍTULO I

METODOLOGÍA

I.1 Generación tablas de datos

La generación de una base de datos que será integrada a un SIG, se puede realizar mediante la recopilación de información a representada en el sistema, y en el caso específico de este trabajo se obtuvo de dependencias Gubernamentales tales como el SGM o el INEGI, entre otras, así como de trabajos previamente realizados. La información a utilizar puede ser desde material físico como mapas impresos, fotografías, así como materiales en formatos digitales, tales como información escaneada, tablas de datos, archivos de tipo raster, entre otros. Cuando se quiere mostrar información de tipo puntual, se puede hacer mediante una tabla de datos que puede generarse en *Microsoft Excel* en el cual se pueden introducir distintos tipos de información siendo las coordenadas, indispensables si se quiere ubicar espacialmente.

En la generación de tablas de datos se deben tomar en cuenta las siguientes restricciones.

1. El primer renglón corresponde a los nombres de los campos.
2. Los nombres de los campos no deben de exceder los 8 caracteres de longitud y solo se aceptan números, letras sin acentuar y guión bajo, excluyendo a la ñ.
3. El nombre de los campos debe de comenzar con una letra y no puede existir otro con el mismo nombre, es decir, debe de ser único.
4. Los datos deben de comenzar a partir del segundo renglón y no debe de haber renglones totalmente vacios entre datos.
5. Los datos deben de comenzar en la primera columna y no debe de haber columnas totalmente vacías entre datos.
6. Todas las columnas deben de tener nombre de encabezado.

Una vez realizada la tabla de datos, si se está utilizando *Microsoft Excel* se guarda el archivo como versión 97-2003 para la facilidad de uso y compatibilidad con ArcGIS.

Habiendo sido generada y guardada la tabla de datos, se hace una lectura desde el ArcGIS por medio de la herramienta *add data* (Figura 1) ubicada en la parte inferior de la barra de herramientas en un símbolo amarillo.

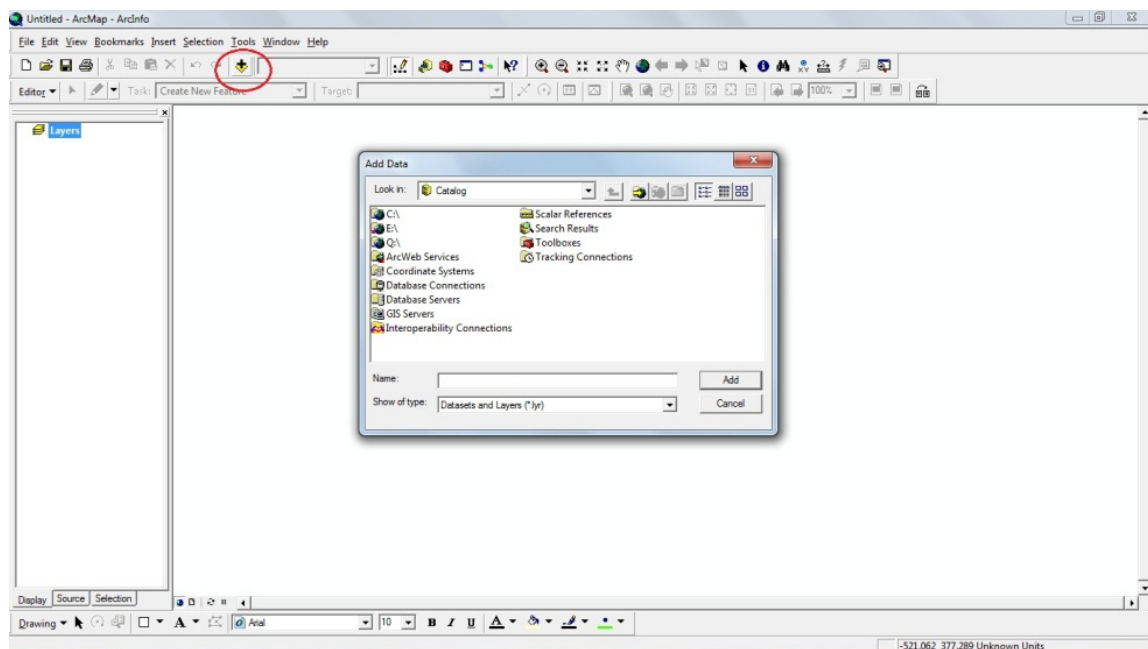


Figura 1: Integración de archivos a ArcGIS desde *add data*

Al seleccionar esta opción aparece una pequeña ventana donde se realiza la búsqueda del archivo que contiene los datos a integrar. Una vez elegido el archivo, si se trata de un archivo de *Excel*, es necesario elegir la hoja en la cual se encuentran los datos que se desean leer.

Si se trata de información que se está representando un punto, se añade la información tomando la barra de herramientas la opción *tools* y posteriormente se selecciona “*add xy data*” (Figura 2).

Al elegir esta opción, es necesario determinar los campos que representaran las coordenadas X y Y de los datos puntuales.

Una parte que también resulta de vital importancia de definir es el sistema de coordenadas, el cual se elige en la parte inferior derecha presionando el botón de *edit* (Figura 2) y se selecciona el tipo de coordenadas ya sea proyectadas o geográficas según sea el caso (Figura 3), para designar el tipo de coordenadas se elige el botón select y se escoge el tipo coordenadas y se presiona el botón de aceptar.

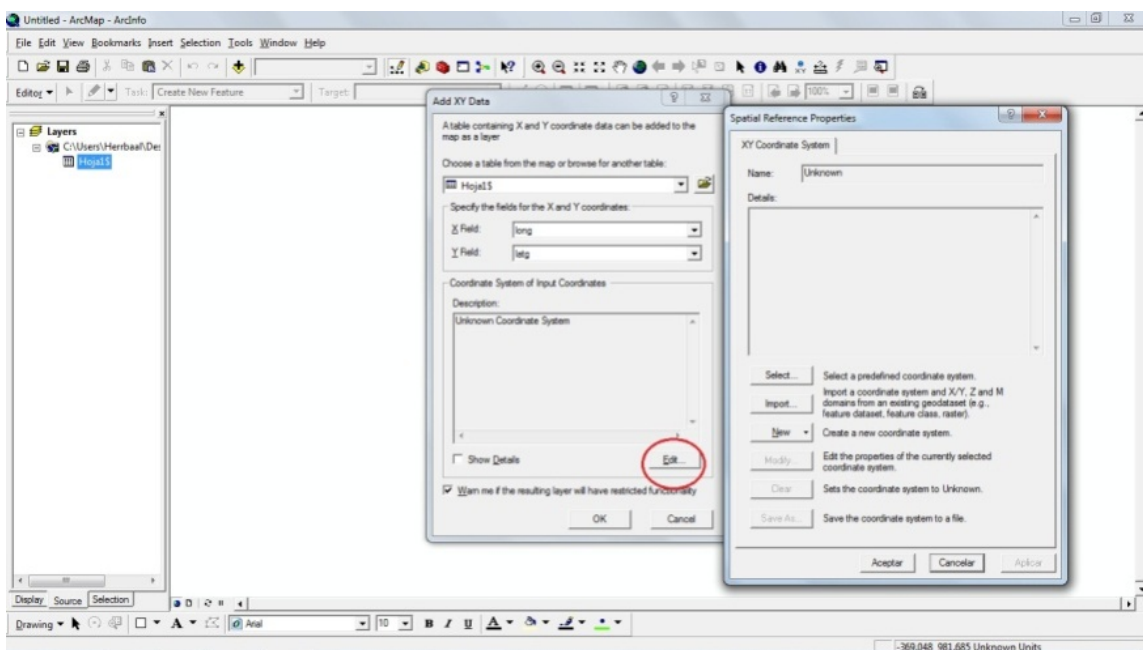


Figura 2: Add xy data

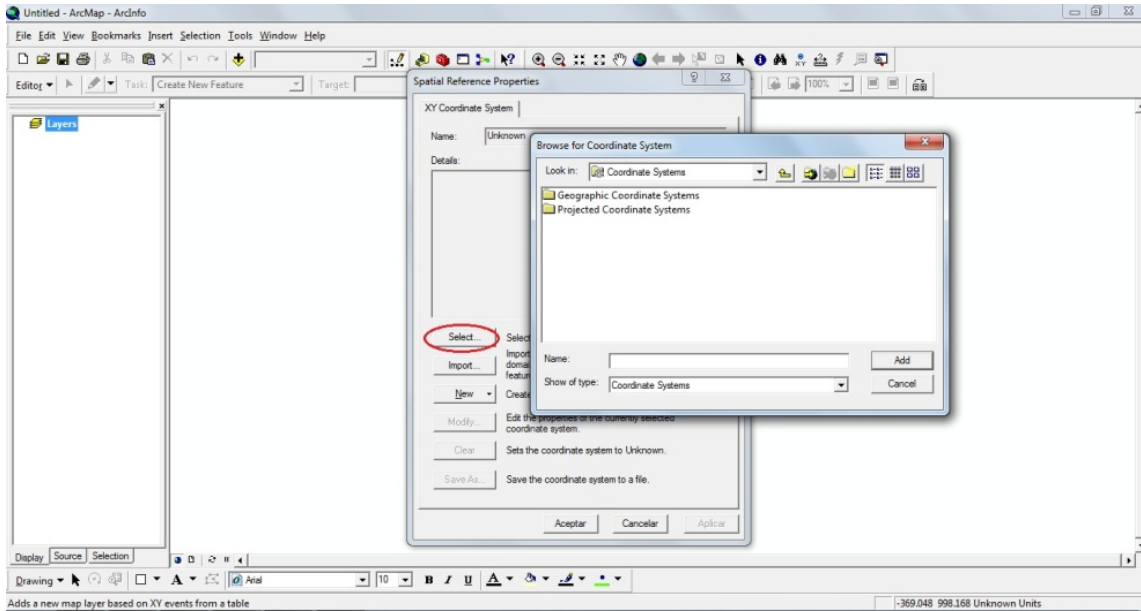


Figura 3: Seleccionar tipo de coordenadas

Habiendo hecho la lectura y el despliegue de la información puntual, se procede a la conversión de los datos en un archivo *Shape*, esto se hace para su facilidad de manejo en el programa y para así poder editarlo, para lo cual en la barra derecha donde aparecen todos los archivos introducidos conocida como la tabla de contenido, se selecciona el archivo que contiene los datos requeridos y con el botón auxiliar del ratón se elige la antepenúltima opción que se llama *data* y posteriormente la opción de *export data* (Figura 4) y se escoge la ruta donde se va a guardar el archivo y su nombre, después de generar y haber guardado el archivo *Shape*, aparecerá un letrero el cual nos pregunta si queremos cargar el archivo creado, se le da aceptar.

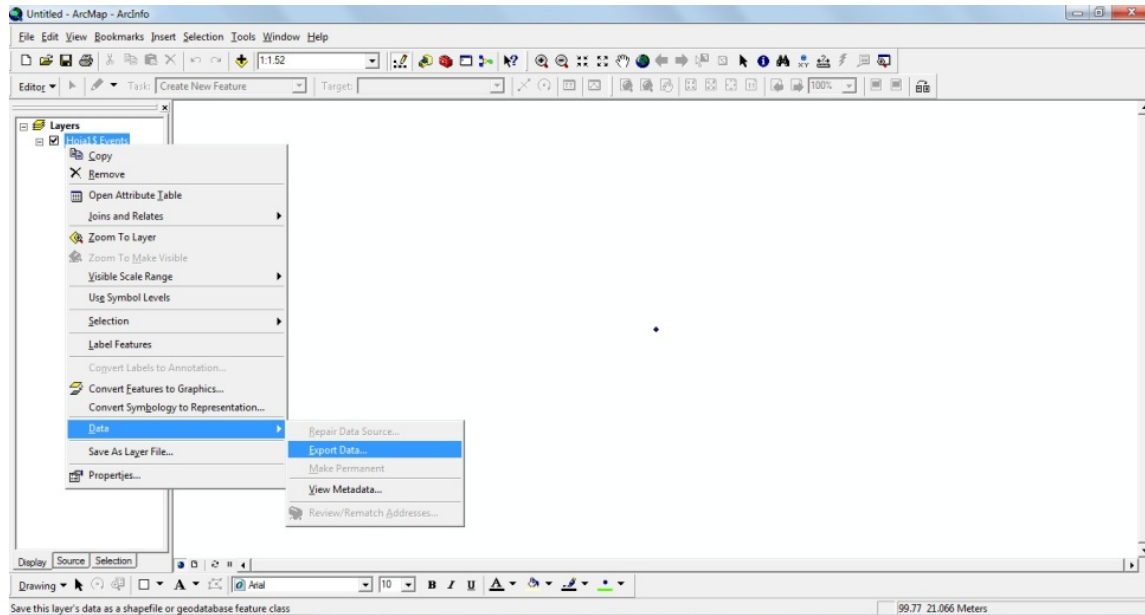


Figura 4: Transformar a *shape* mediante *export data*

I.2 Análisis y selección de la información

En los casos en los que el volumen de información es considerable y se requiere buscar información, se puede utilizar la herramienta de consulta, la cual sirve para buscar uno o varios datos, además de ello la estructura utilizada para la consulta de información también puede ser utilizada para el filtrado de la información.

Las consultas se realizan desde la barra de herramientas en la opción de *Selection* (Figura 5), posteriormente se selecciona la primera opción que es seleccionar por atributos, desde ahí se elabora la sentencia que permitirá determinar los elementos que cumplen con las condiciones establecidas.

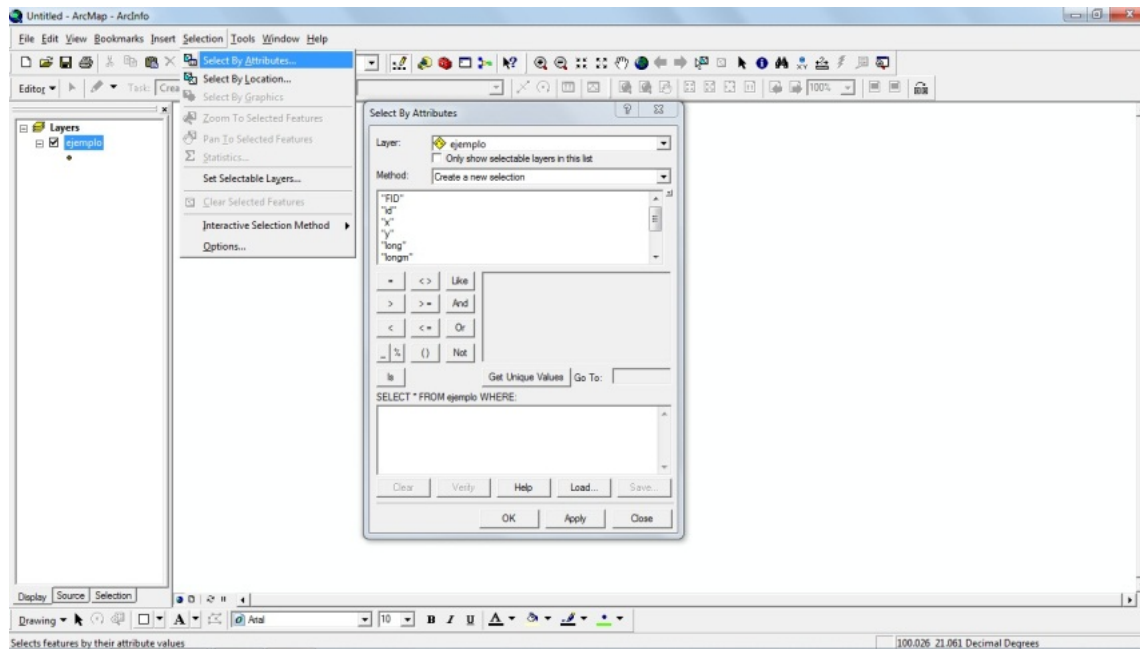


Figura 5: Generar consultas desde la opción *Selection*.

Las consultas a las que se hace referencia, están integradas por un campo, una condición y un valor o campo con el que se hace la comparación, estos tres componentes antes mencionados se pueden conjuntar una o varias veces mediante la instrucción *OR* o *AND* según sea necesario.

Para este análisis, se cuenta con los campos o columnas propias de la tabla de datos en la parte superior de la ventana de consulta, mismos que se pueden ir tomando al presionar dos veces el botón izquierdo del mouse.

En la parte media a la izquierda, se encuentran los botones con el signo de igual, mayor o menor que, mayor y menor que, menor o igual que mayor o igual que, menos, porcentaje, paréntesis, *like*, *And*, *or*, *Not*, los cuales se pueden agregar al presionar una vez el mouse.

Es posible acceder directamente a los valores presentes en la tabla de datos, habiendo seleccionado un campo de información y presionar el botón de *Get Unique Values*, con lo cual se despliega una lista de la cual se pueden elegir directamente los valores contenidos en el campo especificado previamente.

Con los campos de la tabla de datos se puede generar una expresiones tales que permitan realizar una búsqueda de datos, un ejemplo de cómo se escribe una consulta sería "id" = 545 en el caso de que sea solo uno, si es más de uno se realiza de la misma forma pero conjuntando el procedimiento varias veces por ejemplo "id" = 545 or "id" = 654 or "id" = 345, así sucesivamente según sea el caso. Un ejemplo más práctico podría ser "localizar las distintas localidades que pertenezcan al municipio de San Luis Potosí y que estén entre 1000 y 5000 habitantes, así como las localidades que pertenezca al municipio de Ciudad Valles cuya altitud varíe entre 100 y 1000 msnm" la cual se podría realizar de la siguiente forma "(nommun = "San Luis Potosí" and "pobtot">=1000 and pobtot<=5000) or (nommun = "Ciudad Valles" and altitud >= 100 and altitud<=1000)" en el cual "nommun" sería el nombre que se le da a la casilla de el nombre del municipio, "pobtot" es la población total, teniendo en cuenta que los nombres de las casillas no pueden llevar más de 8 caracteres siendo letras o números, en este caso se dividió con paréntesis ya que se requería realizar dos consultas y entre los paréntesis se puso la opción "or" la cual indica que se realice la búsqueda de cada apartado contenido entre los paréntesis y se conjunten los resultados obtenidos.

I.3 Digitalización

La digitalización es el proceso que se utiliza para transformar alguna información a formato digital o pasar algún archivo de un formato a otro, eso para su facilidad de manejo y edición, en términos cartográficos normalmente el formato final es vectorial.

Para digitalizar primeramente se va a la opción de *ArcCatalog* (Figura 6).

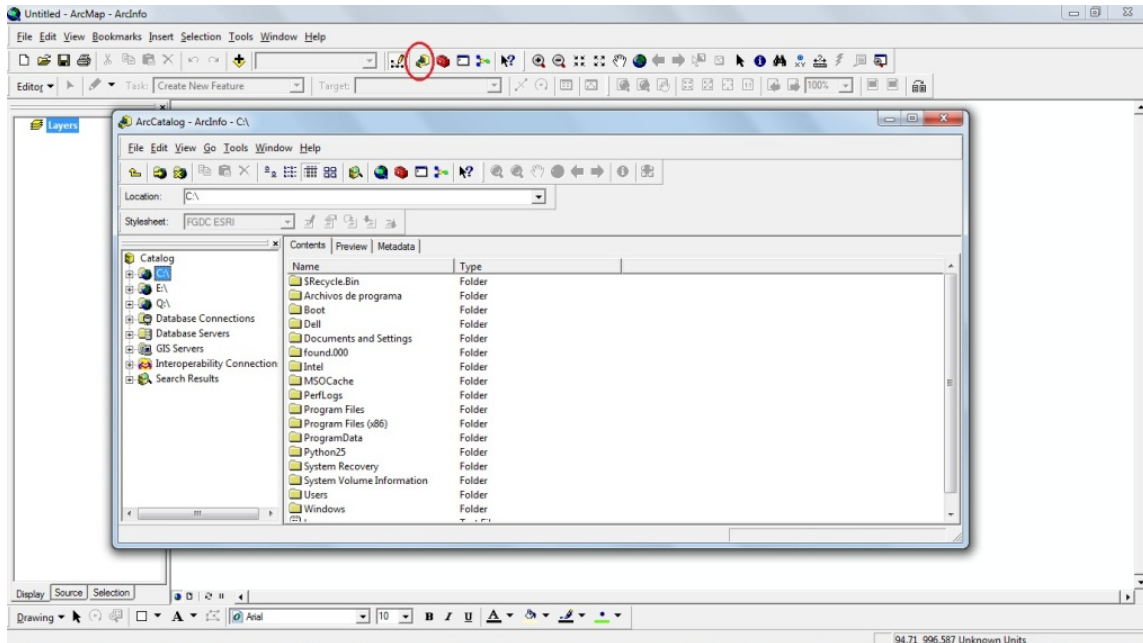


Figura 6: Abrir ArcCatalog

Posteriormente después de seleccionar la opción de *ArcCatalog* se busca la ruta donde se va a guardar el archivo, en el área en blanco se aplana con el botón auxiliar y se selecciona la opción de *new* después la opción de *shapefile* (Figura 7).

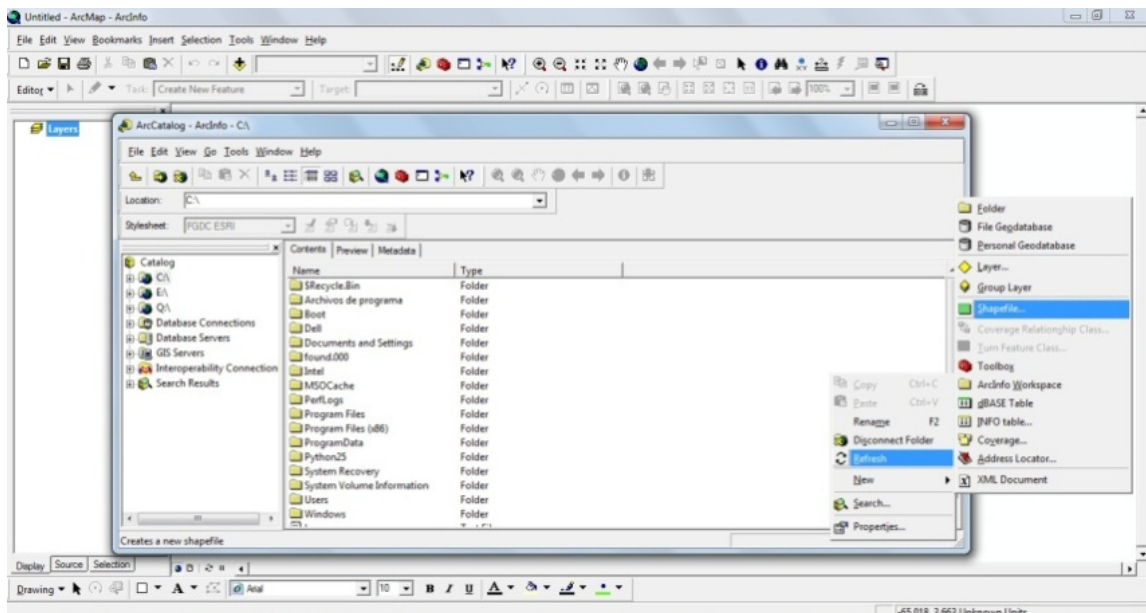


Figura 7: Generar un nuevo archivo shape

Inmediatamente se selecciona el tipo de archivo *Shape* y el nombre del archivo que se requiera y se le da el sistema de coordenadas necesario, después de haber generado el archivo *Shape* si no se observa el archivo en la ventana de *ArcCatalog* se actualiza la ventana, para ello en el área en blanco se presiona el botón derecho del ratón y se selecciona la opción actualizar, una vez que aparece, se selecciona y se arrastra el archivo al área de *layers*, para ello se elige con el botón izquierdo del ratón y se mueve al área de *layers* sin soltarlo y cuando se está en el área se suelta y se procede a digitalizar.

Para digitalizar se requiere primeramente la información a digitalizar, la cual generalmente consiste en archivos tipo raster (imágenes, mapas, etc.) o en el caso de utilizar un mapa o algún otro documento físico se utiliza una tableta de digitalización

En el caso de utilizar archivos tipo raster se requiere asignar puntos de control y las coordenadas de dichos puntos, para posteriormente definir un sistema de coordenadas, este proceso es conocido como georreferenciación.

Para definir su proyección se debe cargar la imagen, se introduce sistema de coordenadas mediante la opción de *ArcToolbox* (Figura 8) la cual es un ícono de color rojo en la barra de herramientas.

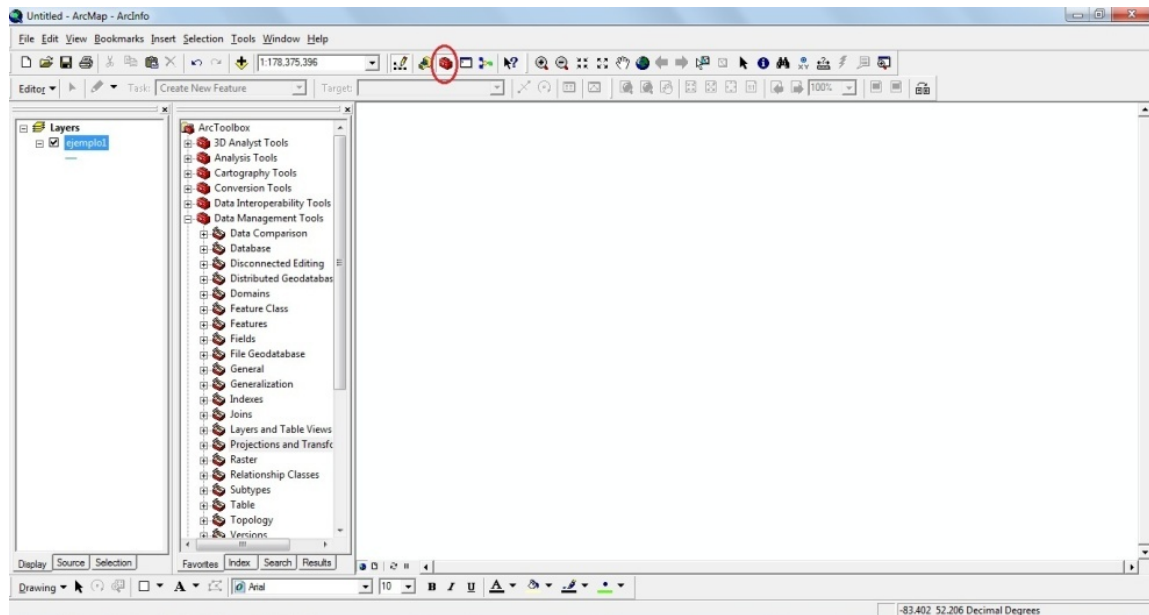


Figura 8: Opciones de la herramienta Arc Toolbox

Posteriormente se va a la opción de *Data Management Tools* después a la opción de *Projections and Transformations* y se selecciona la opción de *Define Projection* (Figura 9).

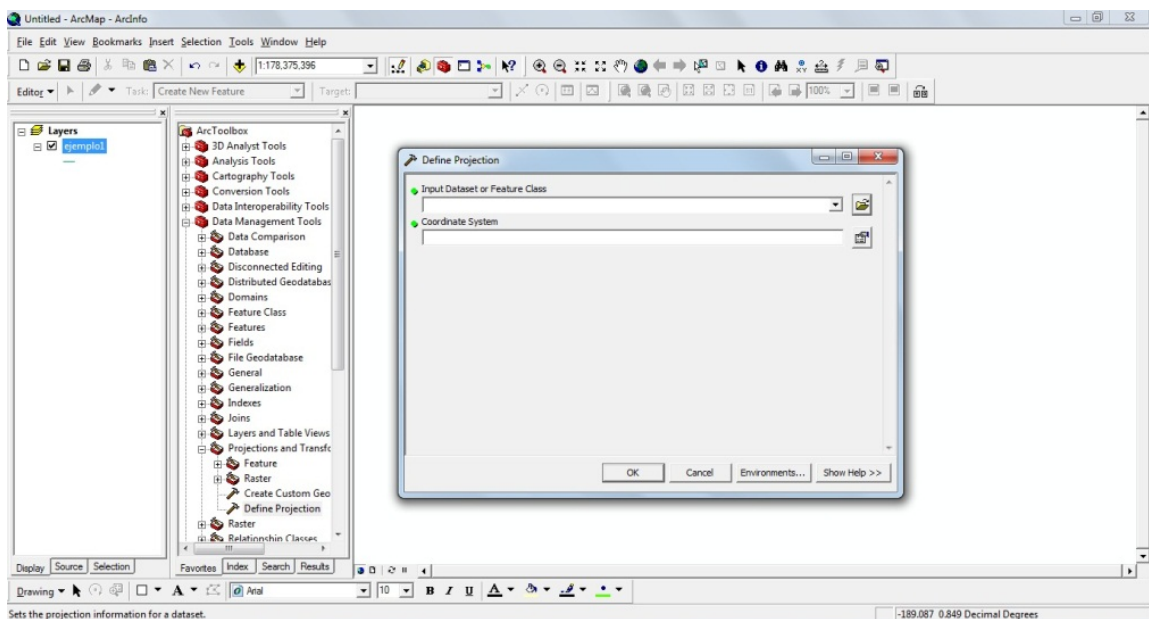


Figura 9: Definir proyección desde la opción Define Projection

Al seleccionar esa opción se abrirá una ventana la cual tiene dos áreas para archivos, el superior es el área en el que va a ir el archivo que se desea definir el sistema de coordenadas. La selección del archivo se puede hacer mediante la casilla en forma de carpeta y buscándolo en su dirección de guardado o simplemente arrastrando el archivo cargado en el área de trabajo. La casilla de la parte inferior permite la selección del sistema de coordenadas mediante la búsqueda y definición del sistema de coordenadas correspondiente.

Para la asignación de las coordenadas a un archivo, se utiliza la herramienta de *Georeferencing* la cual se encuentra en la barra de herramientas. En los casos en los que no se encuentre presente dicha herramienta, es necesario activarla mediante su selección al presionar el botón auxiliar del ratón en el área en blanco de la barra de herramientas, ahí se mostraran varias opciones de casillas a activar entre ellas *Georeferencing* (Figura 10).

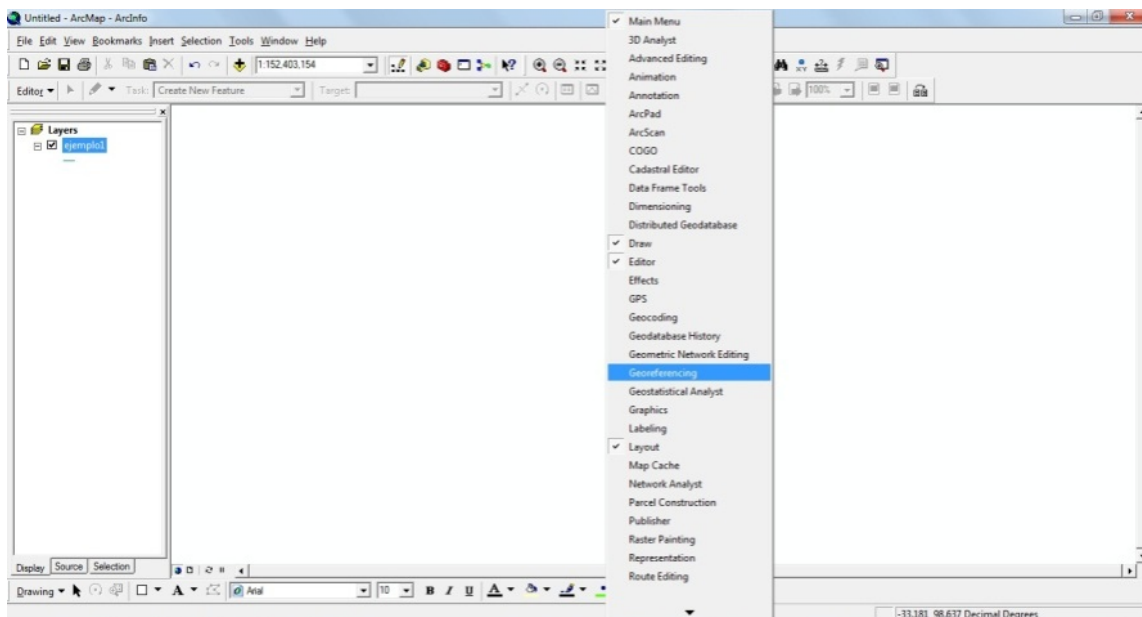


Figura 10: Activar la opción de Georeferencing

La integración de esta barra de herramientas, se verá reflejada en pantalla al ser seleccionada, permitiendo además su acomodo en la posición que resulte más práctica para su uso al georreferenciar la información.

En esta herramienta podemos observar una serie de botones entre los cuales esta una línea con dos cruces en cada esquina una de color rojo y otra de color azul, la cual nos permitirá comenzar con la georreferenciación, por lo que se toma esta opción y se desplaza el *mouse* sobre la imagen a georreferenciar y se selecciona alguno de los puntos que servirán de referencia para ubicar las coordenadas, se presiona el botón auxiliar del ratón, se selecciona la opción de *Input X and Y* y se le dan las coordenadas de dicha ubicación.

Es recomendable proporcionar 4 puntos de referencia, también conocidos como puntos de control, buscando que estos se encuentren lo más cercano posible a las esquinas del área a georreferenciar para reducir el error.

Habiendo puesto las coordenadas se elige la opción de *georeferencing* y posteriormente *UpdateGeoreferencing*.

Después de haber georreferenciado el archivo, se procede a digitalizar, para ello se utiliza la barra de herramientas de *Editor*, ahí encontraremos todas las tareas referentes a este procedimiento, que comienza con seleccionar la opción de *StartEditing* y en el apartado de *Target* ubicado a la derecha en la barra de *Editor* y se elige el archivo *shape* sobre el cual se va a digitalizar.

Habiendo escogido el archivo, se selecciona el tipo de tarea que se quiere desarrollar desde las opciones presentes en la lista de *Task*, por *default* esta la opción de *Create New Feature* la cual es para digitalizar.

Para empezar a digitalizar, se debe de tomar el botón en forma de lápiz y generar puntos, líneas o polígonos según sea el caso.

Para poder finalizar una línea o un polígono, es necesario presionar dos veces continuas el botón izquierdo del ratón o tecleando F2 y se terminará la línea o se cerrará el polígono según el tipo de elemento que se está trazando.

Existen también herramientas que facilitan la digitalización como es el caso del *Snapping*, esta sirve para hacer coincidir vértices en su ubicación espacial. La forma de activar esta opción es seleccionando todas las casillas del archivo a digitalizar y se cierra la ventana del *Snapping*.

Una de las formas que existen para digitalizar áreas, consiste en primeramente trazar con líneas, las fronteras entre cada una de dichas áreas sin repetir los trazos y posteriormente hacer la transformación a polígonos. Para este proceso se recomienda tener activa la herramienta de *Snapping* (Figura 11).

Al finalizar la edición se va a la opción de *Stop Editing* en el editor y se guardan los cambios realizados.

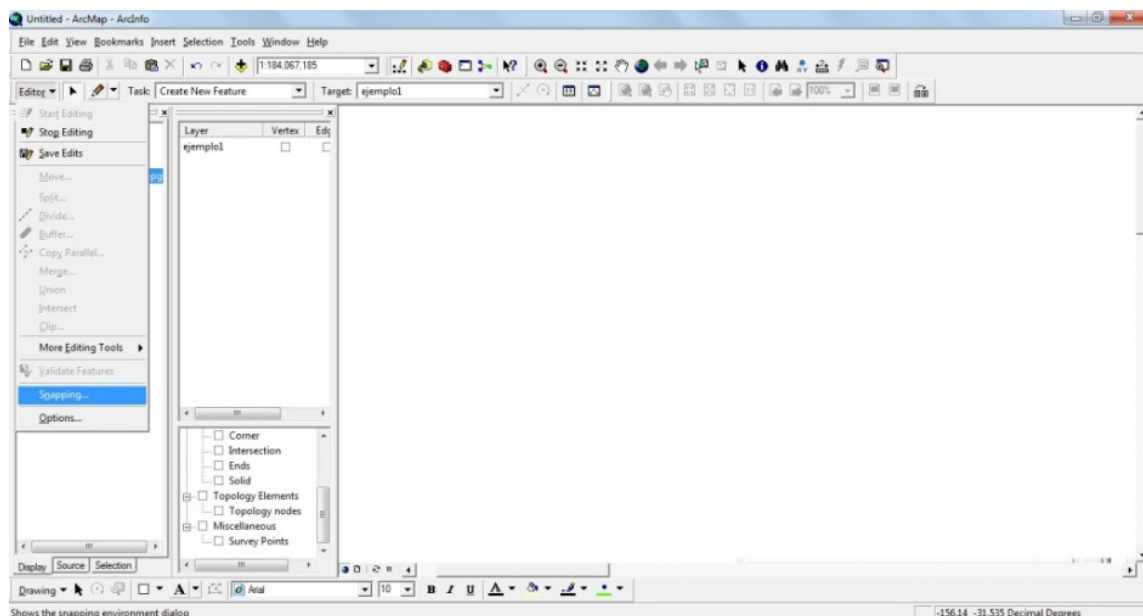


Figura 11: Activar las opciones de Snapping

Después de haber finalizado la edición hay que transformar las líneas a polígonos, yendo al apartado de *ArcToolBox* > *Data Management Tools* > *Features* > *Feature to Polygon* (Figura 12), al seleccionarla se abre una ventana, en la parte superior se indica el archivo a transformar en polígonos y el área de mayor tamaño muestra los archivos que se van a convertir en polígonos.

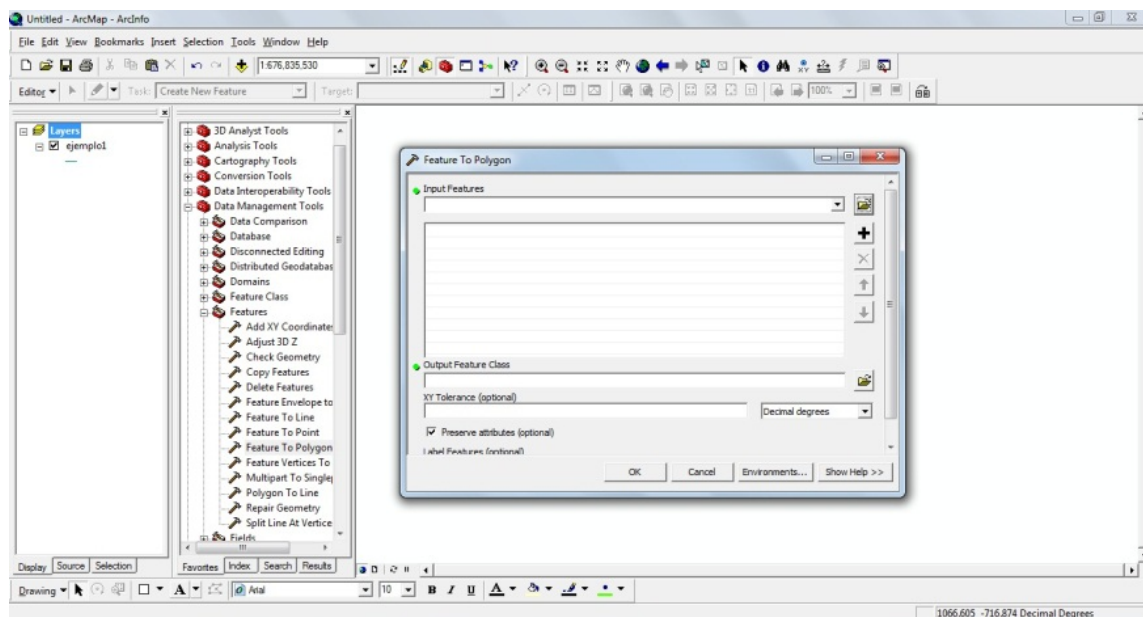


Figura 12: Herramienta Feature to Polygon para generar polígonos a partir de poli-líneas

En esa misma ventana en el apartado de *Output Feature Class* se indica la ruta en la que se va a guardar el archivo se presiona el botón de *ok*, dando como resultado un nuevo archivo de tipo polígono.

En el supuesto de que algún polígono no se cerrase debidamente lo cual ocasiona que en vez de que sean 2 o más polígonos sean solamente 1 se va nuevamente a la opción *Editor* y en la parte de *Task* se selecciona la opción de *Cut Polygon Features* y genera una línea de vértice a vértice en la zona donde se requiere cortar el polígono en varias secciones.

Existe la posibilidad de que en lugar de separar información, se requiera conjuntar información y para ello, se va a la opción de *Editor* en la barra de menús y se

selecciona la opción de *Star Editing* una vez iniciada la edición se selecciona con *shift* los elementos que se requieren juntar, en el menú de *Editor* ubicado en la barra de herramientas del mismo nombre, se toma la opción de *Merge* y automáticamente se conjunta la información en un solo polígono con el mismo tipo de información.

En el caso de que se requieran unir varios archivos *Shape* se va a la opción de *ArcToolBox* en la barra de menús, después se va a la opción de *Data Management Tools* posteriormente la opción de *general* y al final *Merge*, una vez ahí, se introducen los archivos a conjuntar, se elige el lugar en donde se va a guardar y nombre y se selecciona *ok* (Figura 13)

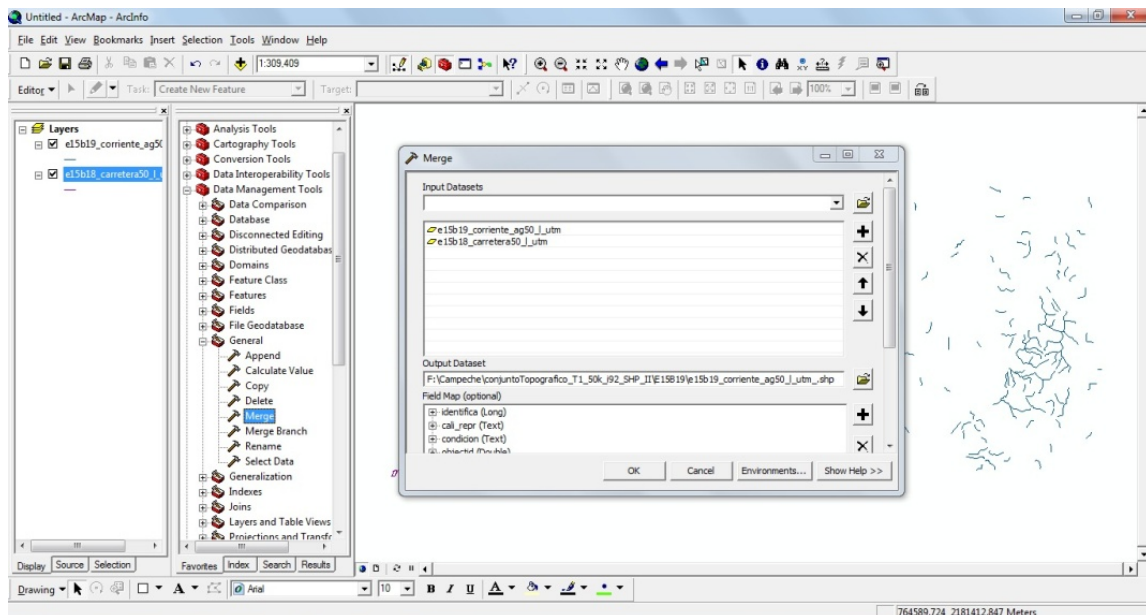


Figura 13: Opción Merge para unir archivos shape en uno solo.

Después de cerciorarse de tener toda la información correctamente digitalizada y habiendo hecho modificaciones en caso necesario, se puede proceder a el alta de información, para ello es necesario ir al apartado de la tabla de contenido, donde se muestran todos los archivos que conforman el proyecto y se selecciona el

archivo recién generado, presionando con el botón auxiliar del ratón y tomando la opción de *Open AttributeTable* (Figura 14).

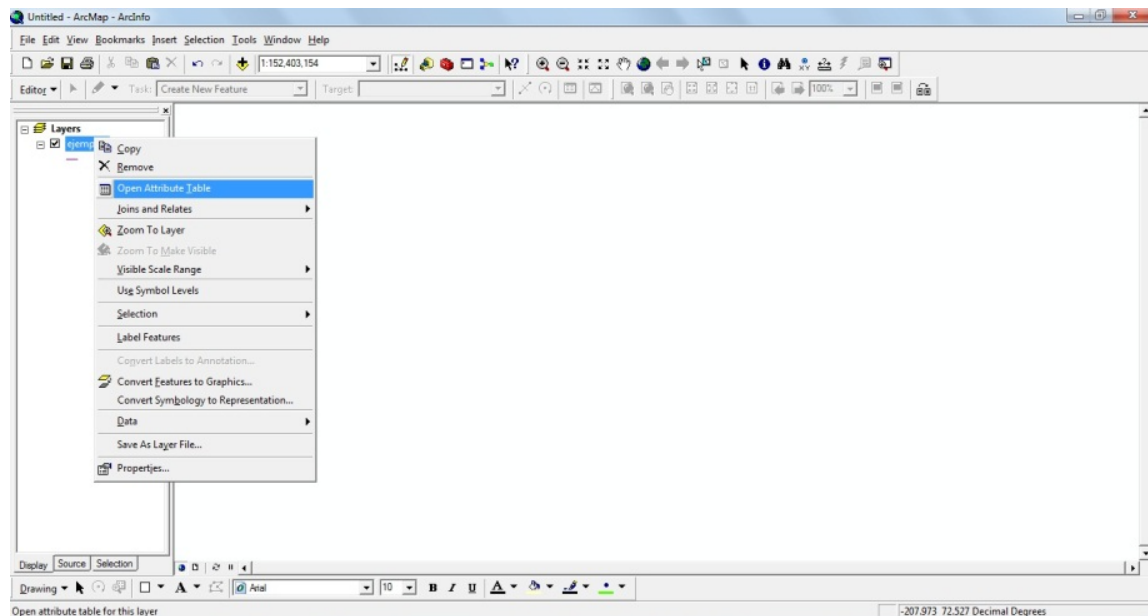


Figura 14: Abrir la tabla de atributos

Desde ahí se le agrega la información a cada polígono por separado o a un grupo de polígonos que deban contener el mismo tipo de información. Para poder introducirle los datos se tiene que generar un campo en el cual puedan ser datos de alta.

Para añadir un campo, se va a la opción de *Options* en la parte inferior izquierda de la ventana de la tabla de datos, donde se selecciona la opción de *Add Field* (Figura 15), en la cual se seleccionara el tipo de campo que se requiere ya sea de tipo texto, flotante, fecha, doble, *long integer* y *short integer*, la diferencia entre cada uno de los tipos es la información que pueden contener, siendo números, letras, fecha, y lógico su clasificación general.

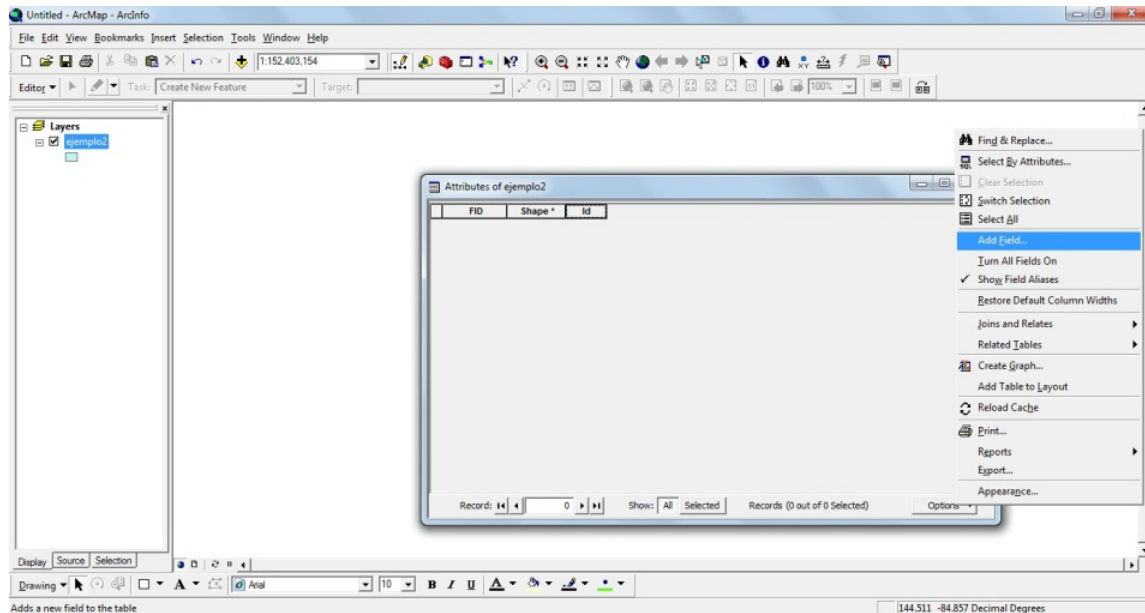


Figura 15: Agregar un campo nuevo en las opciones de la tabla de atributos

Habiendo definido el nombre y el tipo de datos, se abrirá el editor y ya sea mediante la selección del registro o seleccionando el polígono al cual se le va a dar de alta el dato, se procede con la asignación de información que corresponde.

Una vez generado el archivo digitalizado y teniendo su información se le crea una malla de coordenadas o *Grid*, para ello, en el menú de *View > Data Frame > Properties > Grids* se va a la opción de *New Grid*, en este apartado hay tres opciones la primera que es *Graticule* la cual genera una malla con coordenadas geográficas, la siguiente opción llamada *MeasuredGrid* la cual genera una malla con coordenadas proyectadas y la última opción que es *Reference Grid*, la cual genera un sistema cartesiano de coordenadas, una vez seleccionado el tipo malla de coordenadas se le da aceptar. Para ver la malla de coordenadas se va al área de *Layout View* (Figura 16), el cual se encuentra en la parte inferior izquierda junto a un ícono en forma de mapa.

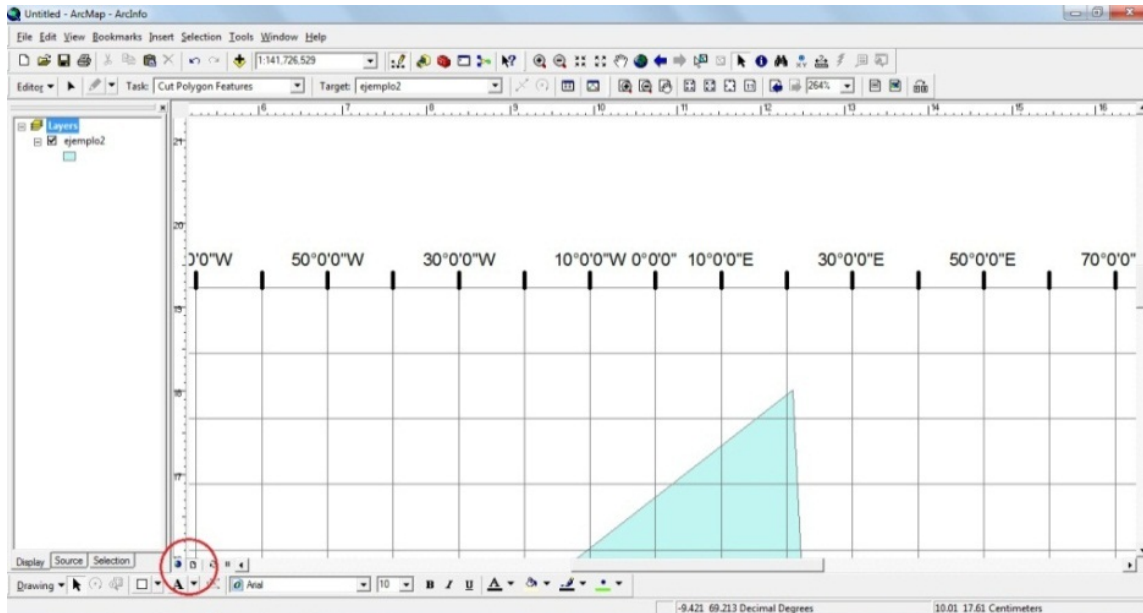


Figura 16: Vista desde Layout View para poder ver la malla de coordenadas y otras opciones de impresión.

Esa opción se utiliza cuando se requiere imprimir o darle un formato de impresión a los trabajos realizados en la cual se puede introducir textos para títulos, barras de escala, simbologías del proyecto que se esté realizando, flecha que indique el norte, entre otras opciones.

I.4 Relación de información a elementos geográficos

Relacionar información a los mapas generados digitalmente, es algo muy útil, ya que permite mostrar datos que de alguna forma aportan algo extra a los elementos que siempre estarán visibles en el mapa.

Para poder relacionar la información, se requiere introducir un archivo *Shape*, después se debe crear un campo de tipo texto que contendrá la ruta y el nombre del archivo a relacionarse. Una vez creado el nuevo campo en la tabla de atributos, se dan de alta la ruta y el nombre para cada uno de los documentos seleccionando el elemento sobre la tabla de datos y presionando el botón derecho del ratón y tomando la opción de *field Calculator*, ahí se escribe la ruta y el nombre del documento.

Existe otra forma para dar de alta la información referente a los archivos que se van a relacionar, para ello se activa la opción de *start editing*, como se hace cuando se van a crear elementos nuevos, se abre la tabla de datos y se edita directamente sobre ella estableciendo las rutas y los nombres de los documentos a relacionar.

CAPÍTULO II

RECOPIACIÓN, CLASIFICACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE DATOS

En el presente trabajo se utilizó información del SGM, INEGI y del estudio geoquímico “Caracterización integral de suelos en los valles Yohaltún y Edzná para su óptimo manejo, aprovechamiento y conservación” bajo la clave FOMIX: FMCAMP-2007-C01-72367, realizado por la UASLP en Campeche.

La información recopilada de INEGI se obtuvo en formato *Shape*, se utilizaron cartas topográficas con escala 1:50,000 y cartas edafológicas en escala 1:250,000 en dicho formato.

Del SGM se utilizaron cartas geológico mineras 1:250,000 en formato raster.

Del proyecto geoquímico realizado por la UASLP se utilizó la información realizada en las tesis “Mapeo Geoquímico-Ambiental de suelos en los valles centrales del estado de Campeche” por el ingeniero Isidro Montes Ávila y “Caracterización Físico Química de Suelos en Ambientes Agrícolas y Naturales de los Valles de Yohaltún y Edzná, Campeche” por el ingeniero Raúl Alejandro Ramírez Mayorga.

II.1 Digitalización y representación

Para la digitalización y generación de cartografía digital, se utilizó el *software* ArcGIS, que permitió la manipulación de archivos tipo raster (imágenes, mapas, fotografías, modelos de elevación), dichos archivos tuvieron que ser digitalizados y así transformados a archivos *Shape*.

Primeramente se reunió toda la información generada en el proyecto de la UASLP, y posteriormente se clasificó según su tipo de archivo, se clasificaron en dos tipos de archivos, archivos tipo raster, algunos de los cuales tuvieron que ser digitalizados para lograr una mejor representación de la información y en archivos vectoriales con formato *shape* los cuales se editaron y estandarizaron.

Para transformar los archivos tipo raster a archivos vector, primeramente se le tuvo que dar un sistema de coordenadas, el sistema de coordenadas que se utilizó fue de coordenadas proyectadas WGS 84 de la zona 15 norte, el cual se le definió con la herramienta *define projection* la cual se encuentra entre las opciones de el *Arc ToolBox* en la barra de menús.

Una vez seleccionado y definido el sistema de coordenadas del archivo se le asignaron las coordenadas para iniciar el proceso de georreferenciación, para ello se utilizó la opción de *Georeferencing*, donde se utilizaron cuatro puntos de control para poder introducir las coordenadas a cada punto y así georreferenciar el archivo raster (Figura 17).

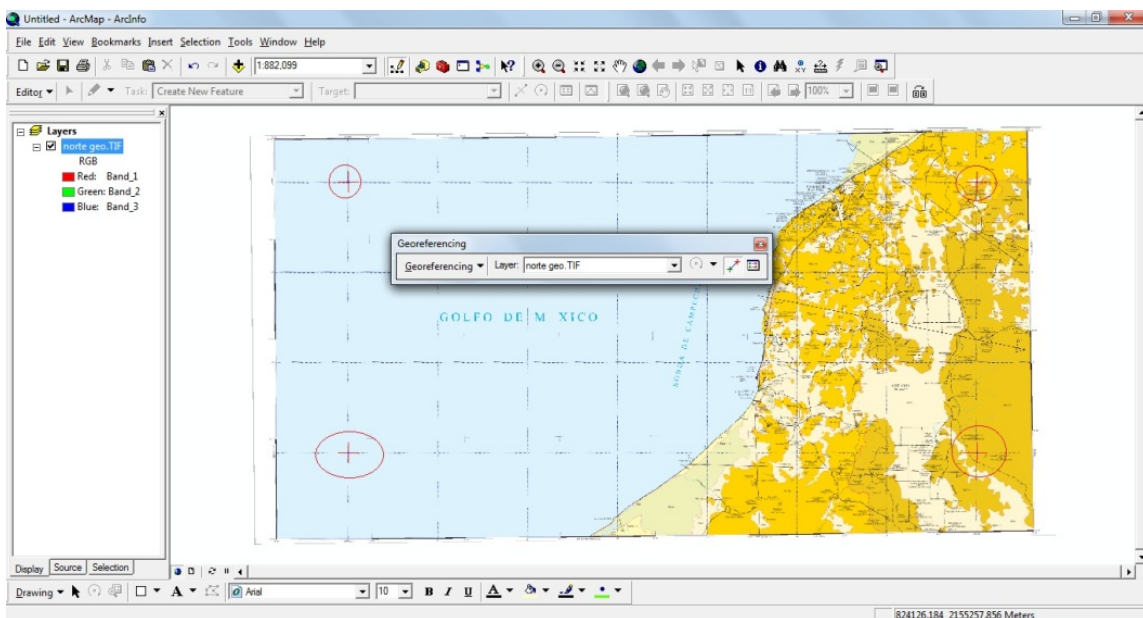


Figura 17: Puntos de control

Después de haber georreferenciado el archivo raster, se procedió a digitalizar, para ello primeramente se tuvo que generar un archivo *shape* de tipo poli-línea el cual se crea en la opción de *ArcCatalog* dentro de la barra de menús. Una vez creado el archivo de tipo poli-línea se procedió a digitalizar con la herramienta *Editor* en el que primeramente se activaron las opciones del *Snapping*, para mantener unidas las líneas generadas. (Figura 18).

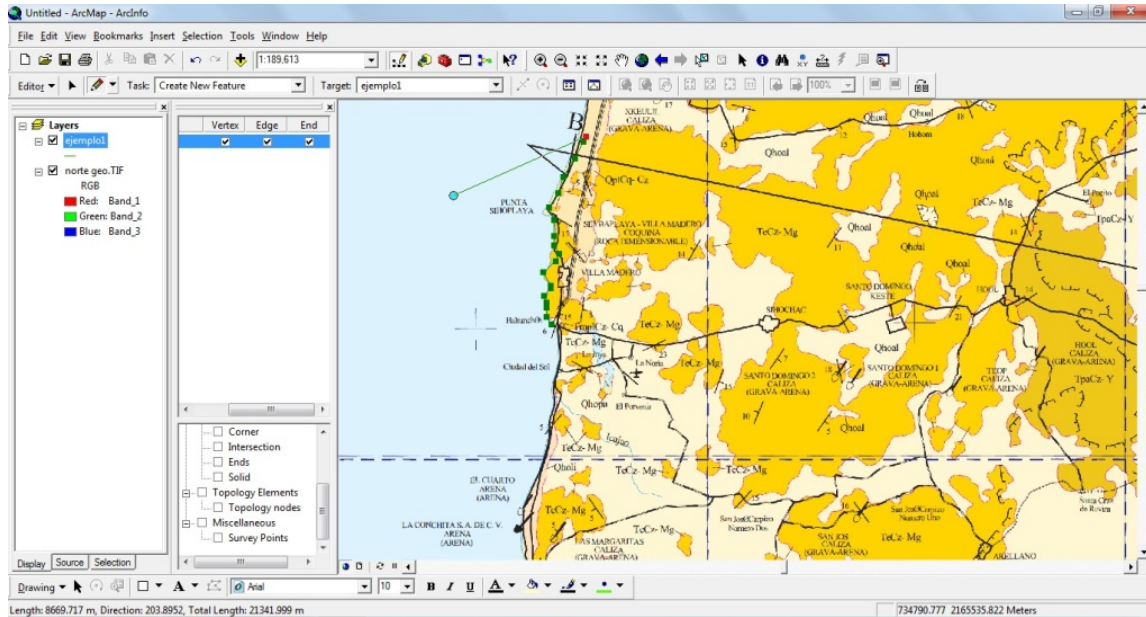


Figura 18: Snapping y digitalización

Una vez finalizada la digitalización se convirtieron las poli-líneas a polígonos, con la herramienta *Feature To Polygon* la cual se encuentra en la opción de Arc *ToolBox* en la barra de menús (Figura 19).

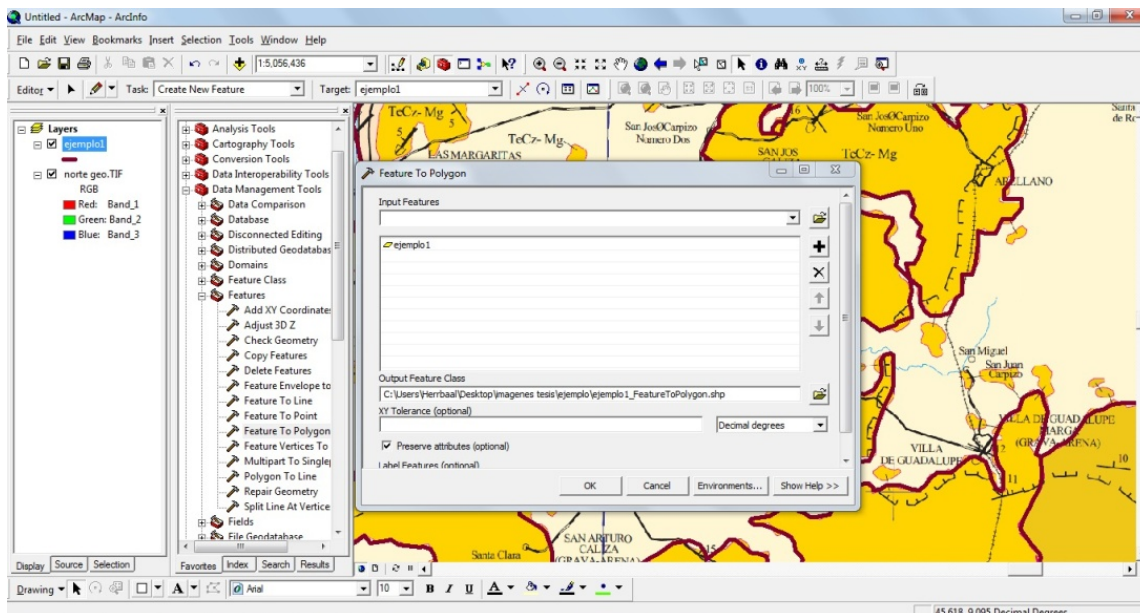


Figura 19: Conversión de poli-líneas a polígonos

Una vez generados los polígonos se asignó información a cada uno de ellos, creando un campo nuevo mediante la apertura de la tabla de atributos y escogiendo *Add Field* en el botón de *options*. Una vez generado el nuevo campo se definió la información escogiendo todos los polígonos que van a tener los mismos datos, después con el botón derecho del ratón se presiona sobre el nombre del campo generado y se seleccionó la opción de *Field Calculator* y en el área en blanco se escribe la información que se quiere asignar, así todos los polígonos elegidos contienen esa información y de esta forma se dio de alta la información a todos los polígonos.

Una vez que se introdujo la información a los polígonos, se le generó una simbología o color para diferenciar los otros polígonos, lo cual se formó abriendo las propiedades del archivo que se convirtió a polígono, y en el área de *Symbology* en la parte de *Categories* y en *Unique values* se seleccionó el campo a representar, posteriormente se le dio en *Add All Values* y se deseleccionó la casilla palomeada, se eligió el color a representar a cada campo, lo que permitió hacer la asignación de colores (Figura 20).

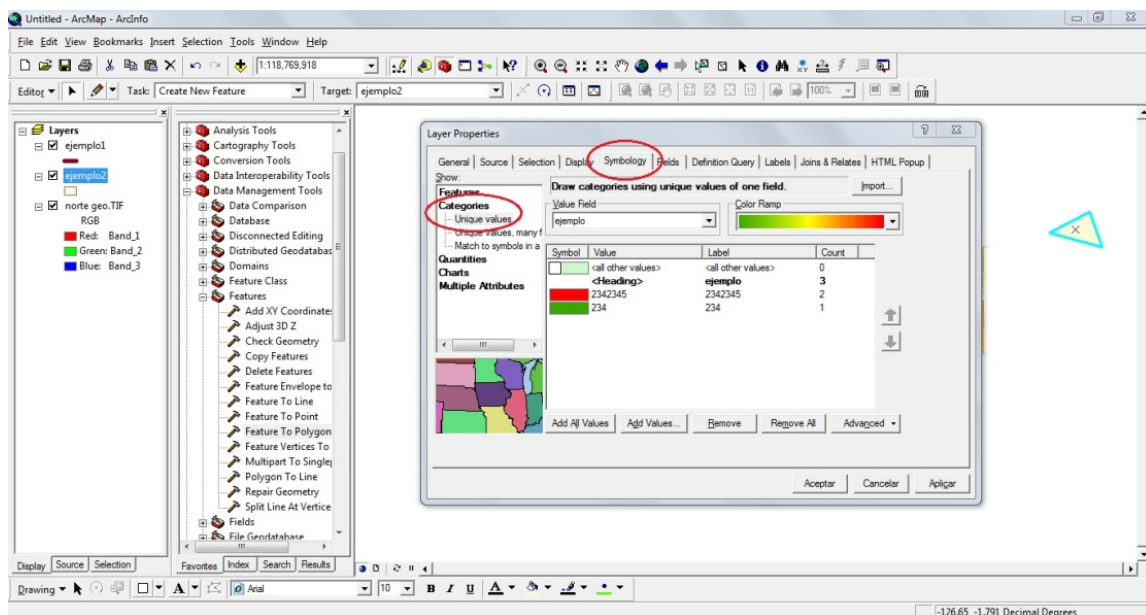


Figura 20: Agregar simbología

Otras formas que se utilizaron para la representación de información fueron los símbolos o los rangos de colores.

En la ventana de las propiedades en el área de simbología, existe el apartado de *Quantities*, del cual se desprenden 3 opciones, de estas solo se utilizaron las primeras 2, la opción de *Graduated Colors* se utilizó para mostrar zonas de mayor intensidad de algún elemento químico, así como también se mostraron los valores con intervalos numéricos, y la segunda opción *Graduated symbols* la cual se utilizó para mostrar un intervalo de valores numéricos y una simbología, estas normalmente se expresan mediante distintos tamaños del mismo símbolo, dichas opciones están disponibles para datos de tipo puntual (Figura 21).

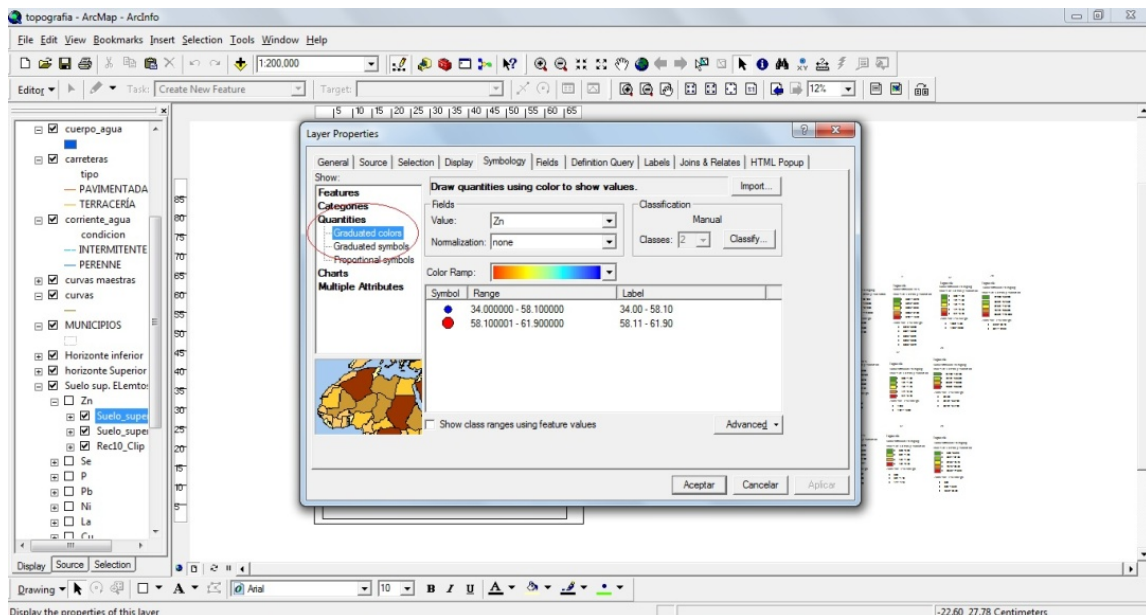


Figura 21: Otras opciones de simbología utilizada

II.2 Delimitación y acumulación de información

II.2.1 Delimitación de datos

Se requirió generar recortes en algunos archivos generados ya que contenían datos más allá de la zona de estudio.

Para generar los recortes primeramente se utilizó la herramienta de *Arc Toolbox* y en la zona de *Analysis Tools* se eligió la opción de *Extract* y posteriormente *Clip*, con ello se muestra una ventana en que en la primera opción que es *Input Features* se eligió uno a uno los archivos a recortar ejecutando en repetidas ocasiones la herramienta y en la segunda opción que es *Clip Features*, eligiendo el archivo shape de tipo polígono para representar la zona con la cual se delimitará la información, por último en la opción de *Output Feature Class* se fueron definiendo los diferentes nombres de los archivos recortados resultantes (Figura 22).

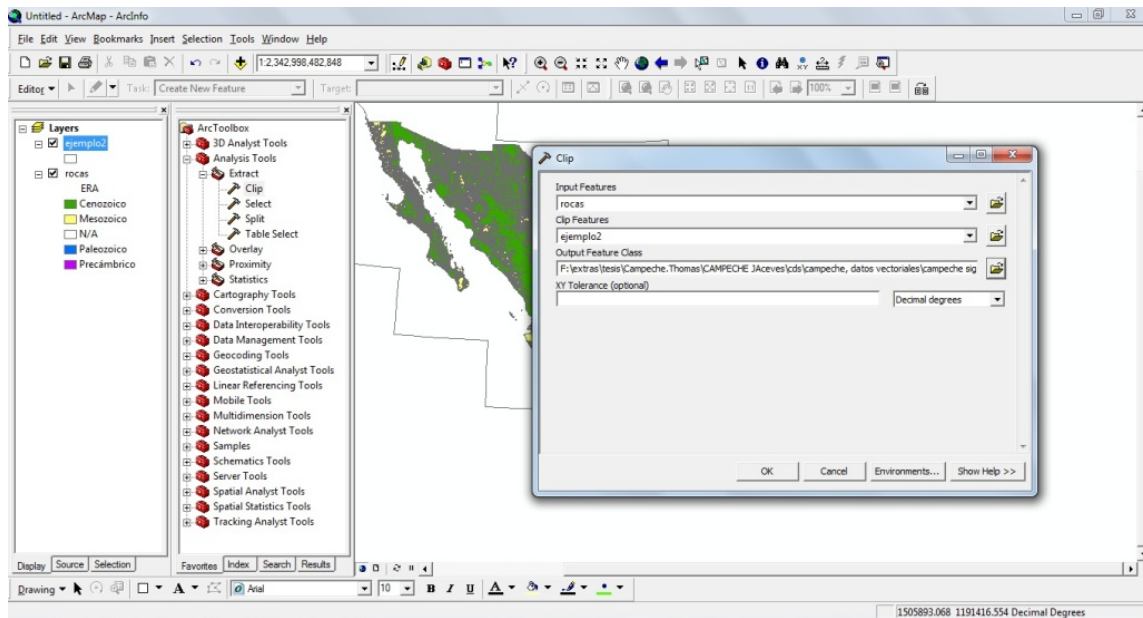


Figura 22: Recorte de información

II.2.2 Acumulación de información

La información cartográfica de INEGI se encuentra clasificada en diferentes escalas que permiten cubrir la totalidad del territorio Mexicano y permiten la identificación de aquellas cartas que abarcan una zona de interés.

En el caso del presente estudio, se identificó la necesidad de tomar más de una carta para cubrir el área de interés, lo que originó la tarea de unir los diferentes archivos *shape* y generar un solo archivo que contuviera toda la información de la zona.

Para poder realizar la unión se utilizó la opción *Merge* la cual se encuentra en la herramienta de *Arc Toolbox* en la parte de *Data Management Tools* en la opción de *General*, al seleccionar esa opción se abrió una ventana (Figura 23), en la cual apareció un área en blanco, a la cual se le arrastraron los archivos *shape* a unir en la barra inferior se seleccionó la ruta y el nombre del nuevo archivo generado.

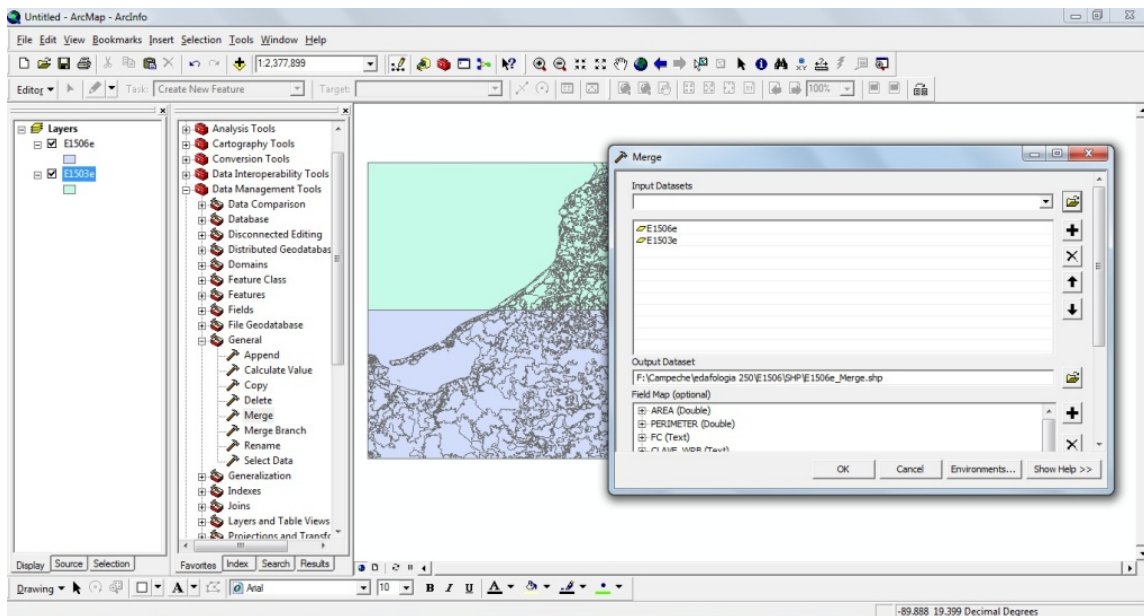


Figura 23: Unión de archivos de INEGI

II.3 Vinculación de datos a componentes geográficos

Para complementar el SIG, se vio la posibilidad de relacionar información obtenida en campo como fue el caso de las fotografías, a los elementos de tipo puntual como una parte extra a los datos ya contenidos en los diferentes archivos generados.

Para la generación de las relaciones entre las fotografías de los pozos y una ubicación espacial a la que hiciera referencia, se requirió crear un archivo shape de tipo puntual, una vez generado el archivo shape se le creó un campo nuevo de tipo texto y después se asignó la ruta y el nombre de cada una de las fotografías al archivo shape de tipo puntual (Figura 24).

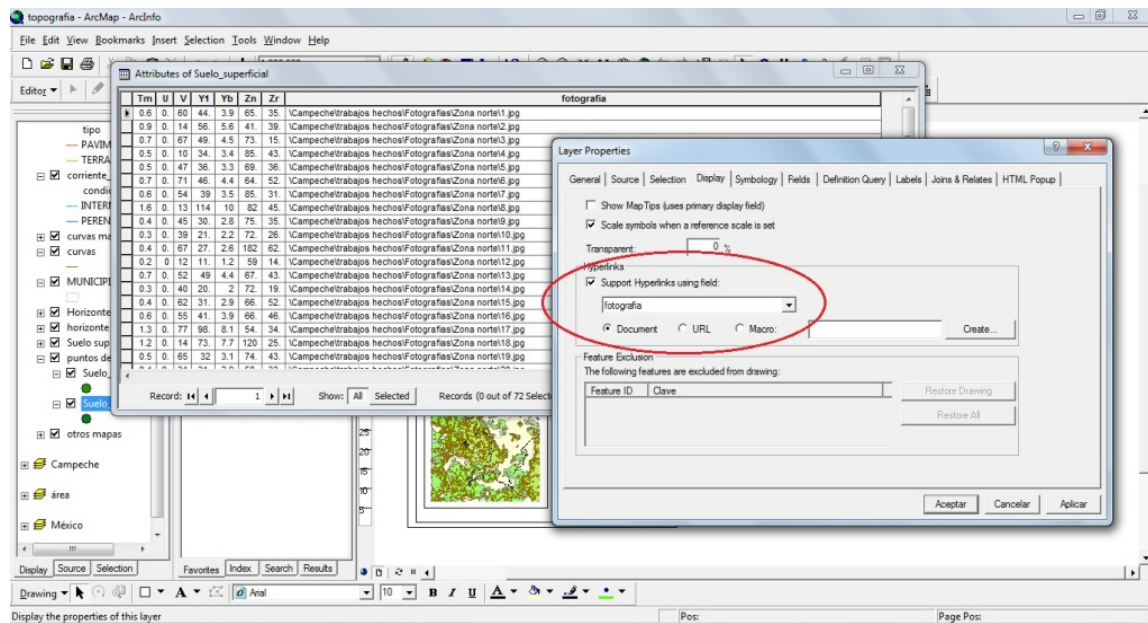


Figura 24: Ligado de fotografías

Una vez terminado la edición, en la ventana de las propiedades del archivo puntual, en la pestaña de *Display* en la parte de *Hyperlinks* se activó la casilla de *Support Hyperlinks using field*, habiendo sido activada se seleccionó la opción de *Document*, se seleccionó el campo en el cual se encontraban las rutas y nombres de los documentos.

Una vez que se ligaron las fotografías se corroboró que estuvieran ligadas correctamente, para ello se tuvo que ir a la opción de *Data View* una vez ahí se selecciona el botón en forma de rayo, y con él se seleccionaron puntos para verificar que se mostrara el documento ligado.

II.4 Generación de mapas y formatos para su manejo

II.4.1 Generación de mapas

Para poder hacer que la información tenga una vista para impresión, primeramente se fue a la parte de *Layout View*, la cual se encuentra en la parte inferior izquierda del área de trabajo, una vez ahí se generó un *Grid* o malla de coordenadas, accediendo a las propiedades del *layer* desde el menú de *View* en el apartado de *Data Frame Properties*, una vez en las propiedades desde la pestaña de *Grid* se seleccionó la opción de *new grid*, con ello se abrió una ventana nueva donde se tomó la segunda opción que corresponde a malla con coordenadas proyectadas.

Una vez generado el *Grid* se generó la leyenda o simbología, para ello se fue a la barra de menús y en la opción de *Insert* se seleccionó la opción de *legend*, al abrirse la ventana se seleccionaron los elementos a integrar en la leyenda. En la misma opción de *Insert* se introdujo también la flecha que indica el norte, el título del proyecto y un marco para la información (Figura 25).

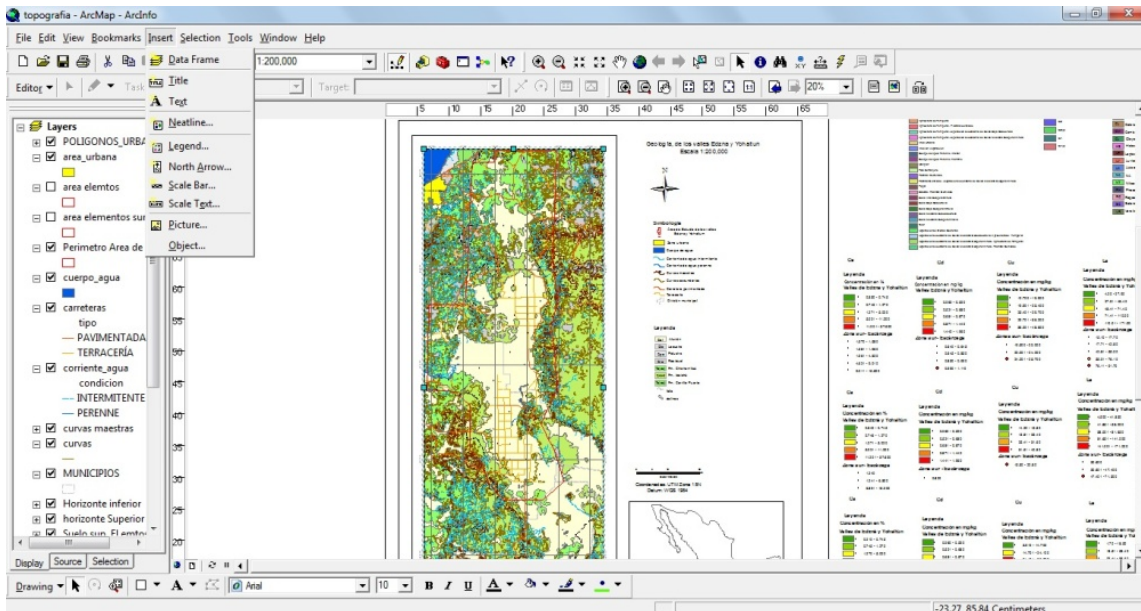


Figura 25: Opciones de la herramienta *Insert*

II.4.2 Manejo de formatos de salida de información

Se exportaron los trabajos realizados como imagen para revisar que las dimensiones, los colores y el formato quedara correctamente, para ello se tomó la opción de *File* en la barra de menús y de ahí se seleccionó la opción de *Export Map* (Figura 26) para posteriormente asignar la resolución de la imagen, ruta del archivo y nombre del mismo.

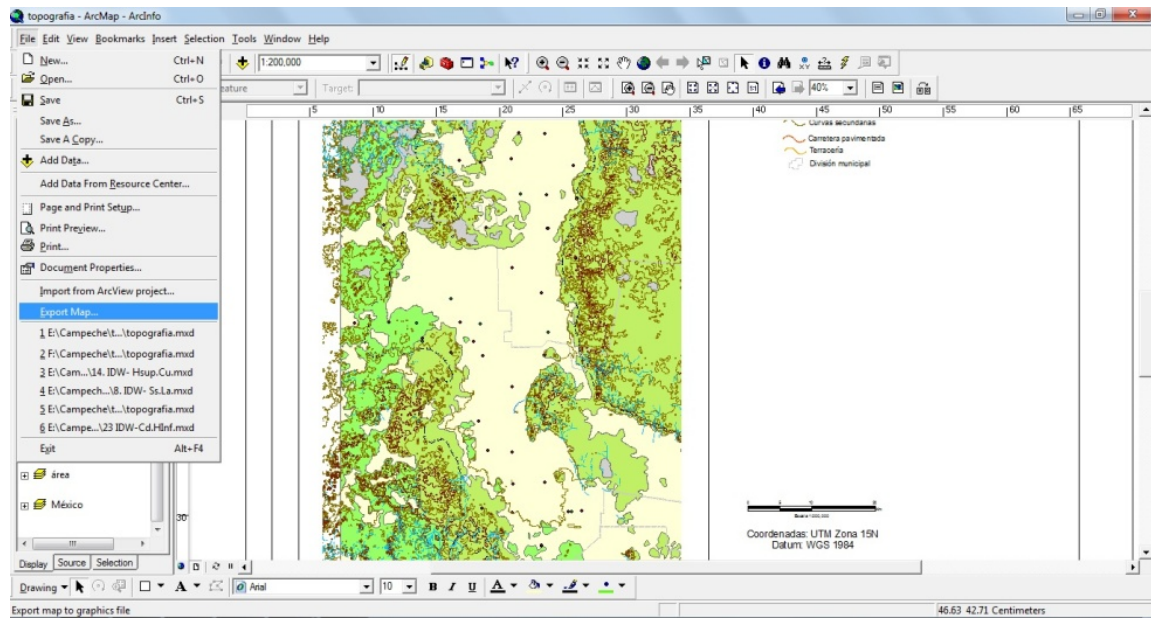


Figura 26: Exportar imágenes con la opción de *Export Map*.

CAPÍTULO III

INTEGRACIÓN Y REPRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN REFERENCIADA GEOGRÁFICAMENTE

La información que se concentró en el SIG contempla archivos tipo *raster*, vectorial, tablas de datos y documentos relacionados con el estudio. Para el manejo y estandarización de la información vectorial, se transformaron a formato *shape* y se representaron mediante mapas, que contenían elementos tales como la malla de coordenadas (Figura 27), la cual muestra las coordenadas de la zona de estudio de manera que puedan ser ubicadas geográficamente junto con toda la información generada en el estudio.

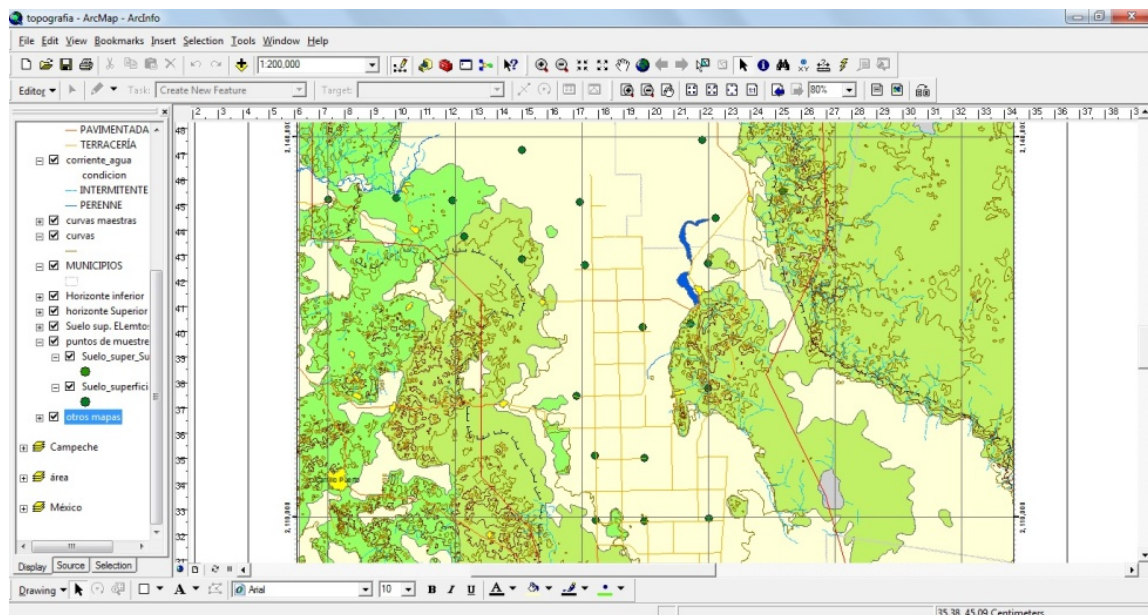


Figura 27: Malla de coordenadas

La información presente en los mapas generados se representa y describe por medio de su leyenda (Figura 28) para un mejor entendimiento y comprensión de la información.

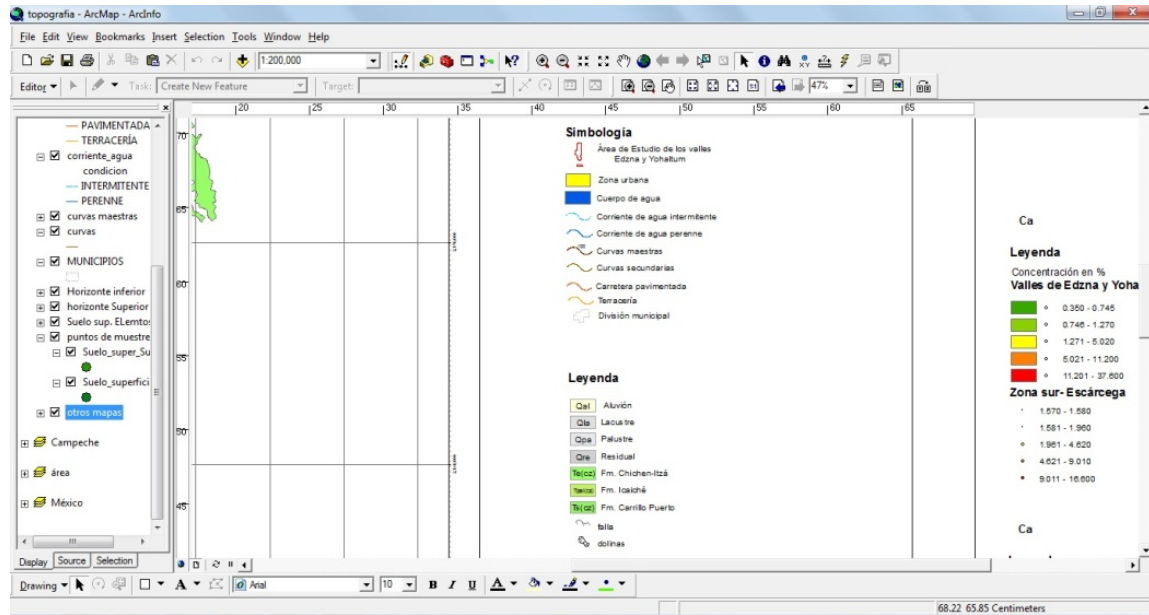


Figura 28: Leyenda

La información digital vectorial que conforma el SIG está presente en tres tipos de archivos *shape* para su representación, los de tipo puntual, lineal y polígono.

La información puntual representa la localización de una muestra obtenida en campo, a cada ubicación se le asoció una fotografía en la que se visualiza el muestreo realizado (Figura 29).

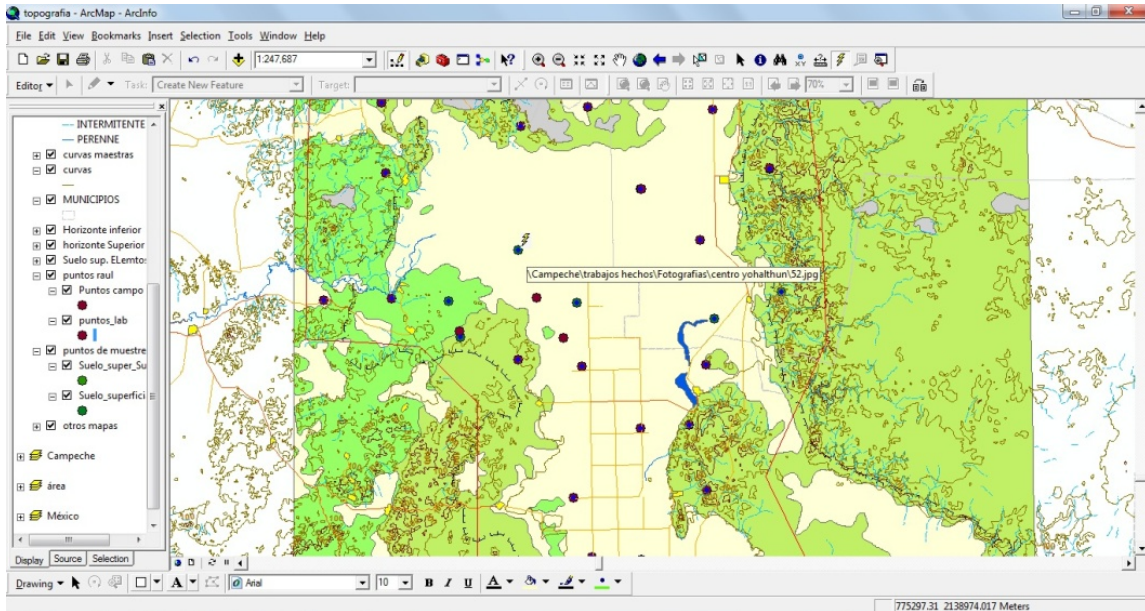


Figura 29: Imágenes en puntos de muestreo

Con las muestras obtenidas fue posible hacer un estudio químico de las mismas para conocer las concentraciones de diferentes parámetros de interés en la zona del proyecto. Los resultados obtenidos de los análisis fueron ordenados en tablas de datos que permitieron su ubicación espacial, posteriormente fueron representados por medio de mapas puntuales que mostraran las concentraciones en la zona de los valles de Edzná y Yohaltún, mediante colores y tamaños en dependencia de la concentración de cada parámetro (Figura 30).

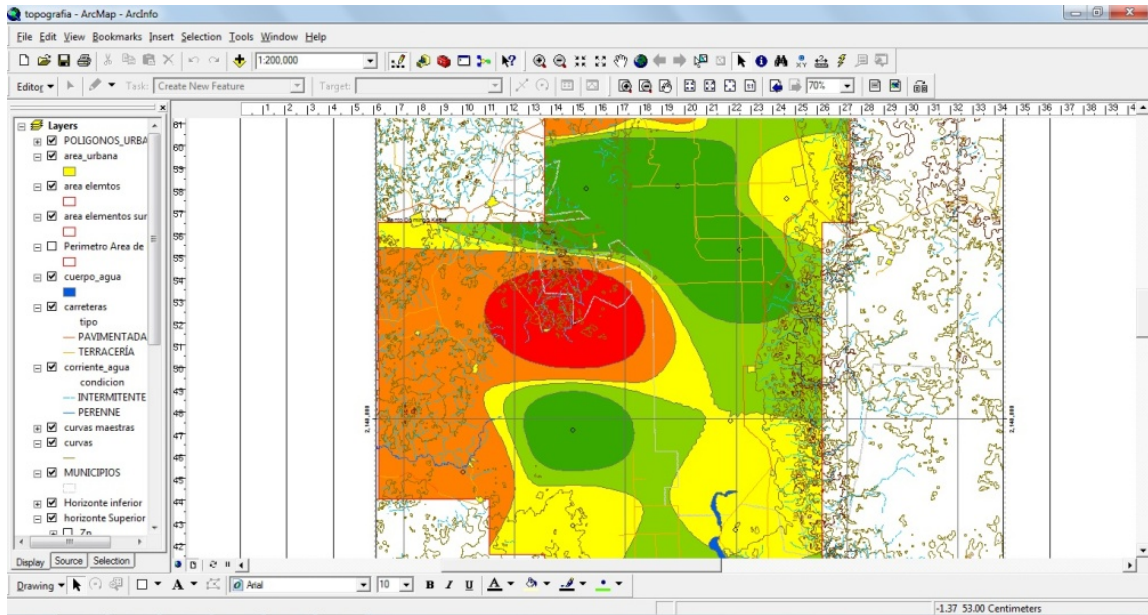


Figura 30: Concentración de elementos según escala de concentraciones.

Otra forma que se utilizó para presentar la información dentro de los mapas fue mediante archivos *Shape* de tipo línea, por medio de ella fue posible mostrar elementos tales como la topografía, los ríos y las vías de comunicación (Figura 31).

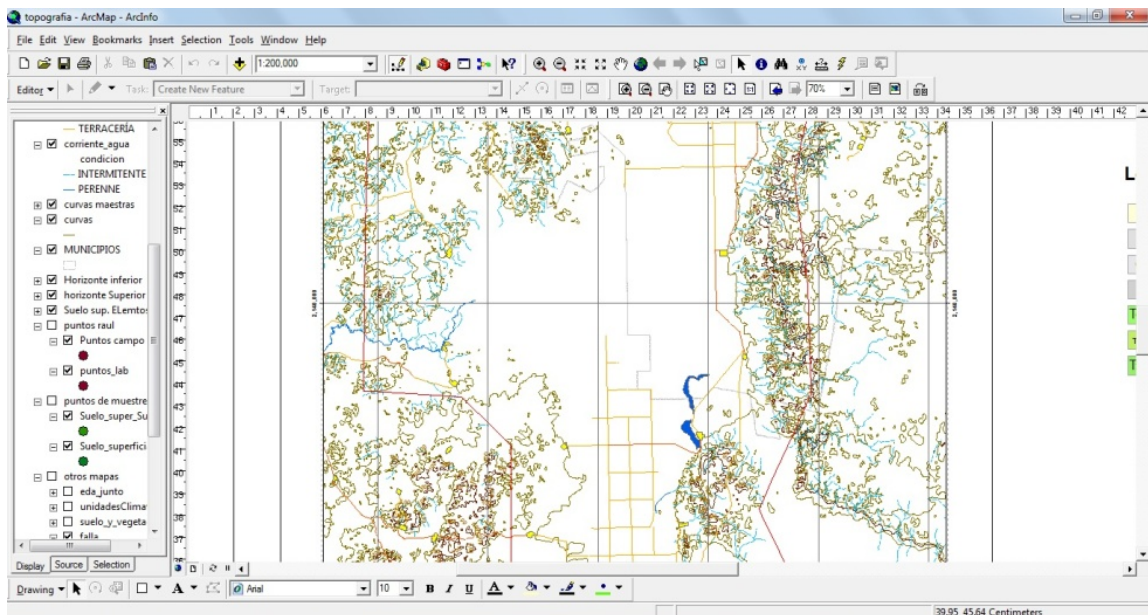


Figura 31: Información de tipo linear.

Finalmente la información que representa áreas se representó por medio de archivos *Shape* de tipo polígono y permitió mostrar los datos referentes a geología, edafología, uso de suelo y vegetación, y los climas.

Cada uno de estos datos fue clasificado por medio de su tabla de atributos permitiendo de esta forma, la asignación de colores en dependencia del dato que representaba (Figura 32).

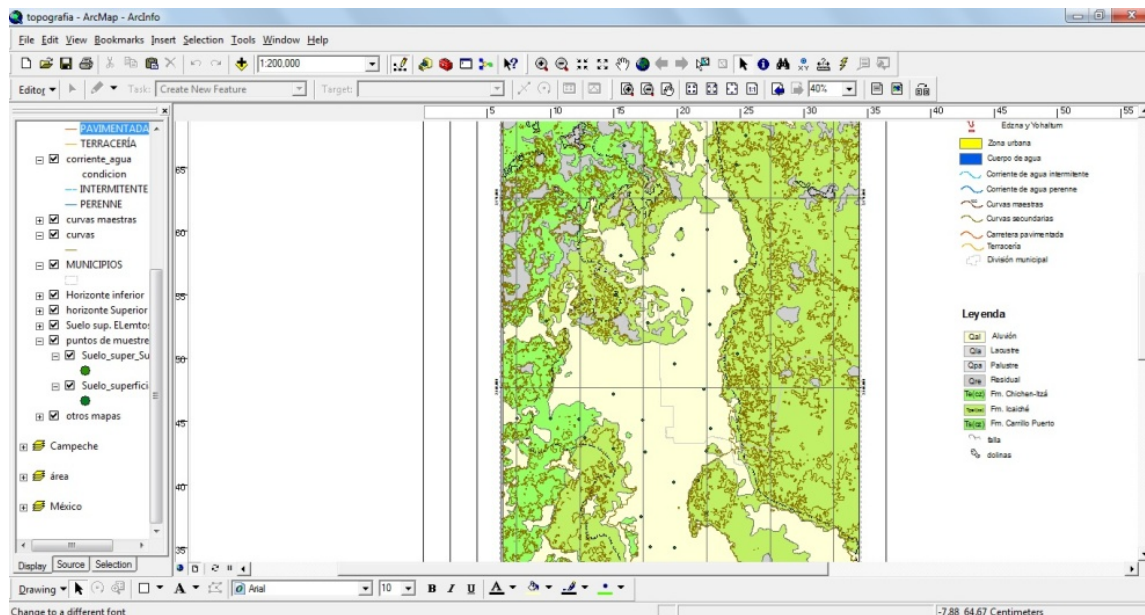


Figura 32: Geología y su simbología

En algunos casos existen nomenclaturas de colores definidas para la representación de los datos, sin embargo existen casos como la edafología en los que al no existir una nomenclatura única para su representación, se optó por utilizar una gama de colores contrastantes y la clasificación de suelos WRB del 2006 (Figura 33).

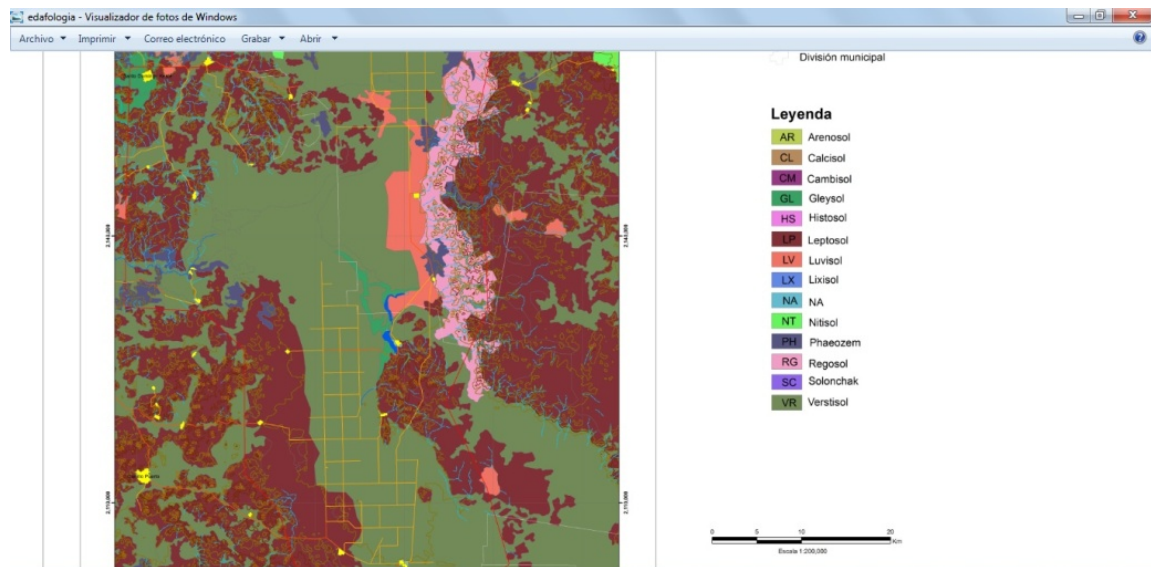


Figura 33: Edafología y su clasificación de suelos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Como resultado se obtuvo un SIG (Anexo proyecto digital) que contiene una síntesis de la información derivada del proyecto, con representaciones por medio de mapas y que permiten su consulta y obtención de datos.

A su vez se logró concentrar, utilizar, manipular y representar una gran cantidad de información en un solo sistema, lo que facilita su manejo y visualización para mostrar los datos de una manera más sencilla y directa.

También se obtuvo y documentó un procedimiento para la generación de un SIG de una manera sencilla que pueda seguirse y aplicarse en la elaboración de algún otro proyecto en el futuro.

Se obtuvieron diferentes representaciones espaciales de la información que permitieron un mejor análisis de la zona de estudio.

Se generó un mapa base digital en el cual se puede observar la topografía, las principales localidades y zonas urbanas, zonas de agricultura, cuerpos de agua, corrientes de agua intermitentes y perennes, conductos, acueductos y tanques de agua que puede ser utilizado para algunos otros proyectos en la zona.

Sobre el mapa base se realizaron los mapas temáticos digitales como la geología, edafología, clima, uso de suelo y vegetación así como los mapas de concentraciones químicas (Anexo cartografía digital), que también pueden ser utilizados en estudios posteriores.

A su vez de obtuvieron los distintos mapas de las anomalías geoquímicas como una forma de representación espacial de los resultados de los análisis de las muestras obtenidas en campo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Los SIG son herramientas útiles para manipular la información obtenida, y así poder representarla con mayor facilidad.
- Un SIG permite el manejo de grandes cantidades de información dentro de un solo sistema.
- Un SIG puede y debe actualizarse continuamente para que la herramienta sea útil con el paso del tiempo.
- El haber generado un SIG ayudara a la consulta e integración de información de forma más rápida para la posible generación de futuros proyectos relacionados con la zona.
- La visualización de la información espacialmente referida permite conocer la distribución de los parámetros medidos y comprender más fácilmente los factores asociados a ello.
- Esta herramienta puede ser útil como soporte durante la toma de decisiones.

Recomendaciones:

- Este SIG quede al alcance de todo público para que se pueda consultar la información obtenida.
- Consultar la información representada dentro del SIG para futuros proyectos que generen en la zona.
- Para generar un mapa, primeramente hay que tener recopilada toda la información que se le va a integrar para así poderlo crear de una forma más sencilla.
- El manejo del formato *Shape* al integrar un SIG permite la compatibilidad entre diferentes *Software*.
- Al realizar un SIG mantener toda la información obtenida de una manera ordenada, para su mayor facilidad al integrar y generar la información dentro del sistema.
- Actualizar constantemente esta herramienta para que se mantenga vigente y realmente sea útil al ser consultada.

BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.). Recuperado el 23 de agosto de 2012, de
http://help.arcgis.com/es/arcgisserver/10.0/help/arcgis_server_dotnet_help/index.html#/0093000000vz000000
- Alfonso Miranda-huerta, J. E.-d.-L. (2005). *Carta Geológico-Minera Ciudad del Carmen E15-6*.
- Consejo de Recursos Minerales. (2002). *Monografía del Estado de Campeche*.
- Darnley, A. (1997). *A global geochemical reference network: The foundation for geochemical baselines. J. Geochem. Explor. 90, 1-5*.
- Darnley, S. B. (1995). *A global geochemical database for environmental and resource management. Recommendations for International Geochemical Mapping. Final report of IGCP Project 259*. Paris, France: UNESCO.
- Edit Arlet Cardoso-Vázquez, E. S.-G.-H. (2005). *Carta Geológico-Minera Campeche E15-3*.
- INEGI. (s.f.). Recuperado el 09 de octubre de 2012, de
<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/continuoelevaciones.a.spx>
- INEGI. (2002). Edafología E1503. *Conjunto Nacional de Datos Vectorial Edafológico Escala 1: 250 000 Serie II*.
- INEGI. (2002). Edafología E1506. *Conjunto Nacional de Datos Vectorial Edafológico Escala 1: 250 000 Serie II*.
- INEGI. (2002). Topografía E15B18. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E15B19. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E15B28. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E15B29. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E15B38. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E15B39. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E15B48. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E15B49. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E15B58. *Conjunto Topografico 1:50,000*.

- INEGI. (2002). Topografía E15B59. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E15B68. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E15B69. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E16A11. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E16A21. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E16A31. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E16A41. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2002). Topografía E16A51. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INEGI. (2010). *Censo de Poblacion y Vivienda 2010, Principales Resultados por Localidad*.
- INGEI. (2002). Topografía E16A61. *Conjunto Topografico 1:50,000*.
- INSTITUTO DE DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTIFICA, MINERO-AMBIENTAL Y NÚCLEAR. (2001). ÉSTANDARES CARTOGRÁFICOS Y DE MANEJO DE INFORMACIÓN GRÁFICA PARA MAPAS GEOLOGICOS DEPARTAMENTALES Y PLANCHAS ESC 1:1000.000. 74.
- IUSS, ISRIC, FAO. (2006). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. 117.
- Lopez-Doncel, R. (2004). Manual para la clasificación de rocas carbonatadas. *folleto tecnico N°. 27*.
- Montes-Ávila, I. (2012). *Mapeo Geoquímico-Ambiental de suelos en los valles centrales del estado de Campeche*. San Luis Potosí.
- Plant, J. S. (2001). *Environmental geochemistry at the global scale*.
- Ramírez-Mayorga, R. A. (2012). Caracterización Físico Química de Suelos en Ambientes Agrícolas y Naturales de los Valles de Yohaltún y Edzná, Campeche (tesis de maestria, PMPCA, UASLP, (en preparación)).
- Reimann, C. F. (2005). *Background and threshold: critical comparison of methods of determination*.
- Salminen, R. (-e. (2005). *Geochemical Atlas Of Europe. Part 1 - Background Information, Methodology and Maps*. . Geological Survey of Finland.
- wikipedia. (s.f.). Recuperado el 08 de agosto de 2012, de http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica
- wikipedia. (s.f.). Recuperado el 09 de octubre de 2012, de <http://es.wikipedia.org/wiki/DXF>

ANEXOS

Proyecto digital: (Información recopilada y carpetas que contengan los datos, ambos en formato PDF)

Cartografía digital: (imágenes de los mapas generados en formato JPG y en formato PDF)